



Artículo Original

Comportamiento de la producción lechera criolla en la microempresa familiar campesina de Guaranda-Bolívar, Ecuador

Analuisa, I., Fierro, A., Palma, M., Zambrano, A., Loor-Moran, M., y Solorzano, R. (p. 23)

Artículo Original

Rendimiento de grano y sus componentes de 25 variedades de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) de la provincia de Tayacaja, Perú

García-Mendoza, P., Marin-Rodríguez, C., Taramona-Ruiz, L., Yglesias-Jauregui, M., y Pérez-Almeida, I. (p. 90)

Artículo Original

Fluctuación poblacional y enemigos naturales de *Eupalamides cyparissias* en el cultivo de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*) en Ucayali, Perú

Macuyama-Ríos, G., Velazco-Castro, E., y Guerra-Ambrosio, B. (p. 102)



Revista de investigaciones de la

UNIVERSIDAD LE CORDON BLEU

Editado por el centro de Investigación.

Avenida Salaverry 3180

Magdalena del Mar.

Teléfono: (511) 617-8310 anexo 8515

Código postal: 15076

✉ : revista.cientifica@ulcb.edu.pe

ISSN: 2409-1537

Peru

Periodicidad:

La revista se publica con una periodicidad semestral, con dos números por año. El primero corresponde al periodo de enero a junio y el segundo corresponde al periodo de julio a diciembre.

Áreas:

La revista está orientada a la publicación de artículos científicos originales y de revisión en Ciencias Agrícolas.

Esta publicación ha sido creada con el propósito de contribuir al desarrollo de la investigación, la ciencia y la innovación científica.

Está dirigida a la comunidad académica y científica de nuestro país y el exterior, vinculadas a las ciencias agrícolas.

www.revista.ulcb.edu.pe

Redes sociales académicas:



TABLA DE CONTENIDOS

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA: **05**
**Impacto en la seguridad alimentaria del
diseño de envases y embalajes con tecnologías
innovadoras**

Veliz-Sagarvinaga, R., Chavez-Solano, Y., Larrea-Cerna, C.,
Alvarado-Leo, D. y Callirgos-Romero, D.

ARTÍCULO ORIGINAL: **23**
**Comportamiento de la producción lechera
criolla en la microempresa familiar campesina
de Guaranda-Bolívar, Ecuador**

Analuís, I., Fierro, A., Palma, M., Zambrano, A., Llor-Moran, M.
y Solorzano, R.

ARTÍCULO ORIGINAL: **39**
**Bebida a base de harinas de quinua
(*Chenopodium quinoa* W.) y kiwicha
(*Amaranthus caudatus*) con adición de omega 3
y vitaminas**

Bravo-Aranibar, J. y Bravo-Aranibar, N.

ARTÍCULO ORIGINAL: **52**
**Sustrato de fibra de palma aceitera (*Elaeis
guineensis*) e hidrogel para *Aptenia cordifolia***

Ramírez, A., Juscamaita, J., Risco, A., Montes, I. y Rivera, G.

ARTÍCULO ORIGINAL: **64**
**Evaluación taxonómica, dendrológica y de
conservación de especies leñosas incluidas en
CITES en un jardín botánico amazónico del
Perú**

Álvarez, I., Chuquilin, E., Cabos, J. y De la Cruz, A.

ARTÍCULO ORIGINAL: **75**
**Modelo matemático para la estimación de la
capacidad de producción de Artemia basado
en la demanda en sistemas acuícolas bajo
condiciones de incertidumbre**

Oquendo-Ferrer, H., Ramos-Sánchez, L., Vasallo-Conde, M. y
León-Revelo, G.

ARTÍCULO ORIGINAL: **85**
**Rendimiento de grano y sus componentes de 25
variedades de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) de
la provincia de Tayacaja, Perú**

García-Mendoza, P., Marín-Rodríguez, C., Taramona-Ruiz, L.,
Yglesias-Jauregui, M. y Pérez-Almeida, I.

ARTÍCULO ORIGINAL: **97**
**Fluctuación poblacional y enemigos naturales
de *Eupalamides cyparissias* en el cultivo de la
palma aceitera (*Elaeis guineensis*) en Ucayali,
Perú**

Macuyama-Ríos, G., Velasco-Castro, E. y Guerra-Ambrosio, B.

ARTÍCULO ORIGINAL: **112**
**Efecto del ácido giberélico sobre las semillas
de (*Armatocereus laetus* (Kunth) Backeb.)
“pitahaya silvestre” en etapa de germinación,
Lluán – Calamarca – Julián**

Medrano-Rojas, P., Gil-Rivero, A., López-Medina, S., Mostacero-
León, J. y De la Cruz-Castillo, A.

ARTÍCULO ORIGINAL: **126**
**El banano morado ecuatoriano (*Musa
acuminata* Red Dacca) en la elaboración de
snacks saludables, estudio de aceptabilidad**

León, K., Pesantes, M., Zea, O., Salazar, B. y Moreno, M.

Instrucciones a los autores **137**



REVISTA DE INVESTIGACIONES

DE LA UNIVERSIDAD LE CORDON BLEU

DIRECTOR Y EDITOR CIENTÍFICO

Dr. Eduardo Menéndez Álvarez
Universidad Le Cordon Bleu. Lima, Perú
revista.cientifica@ulcb.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-7276-7249>

COMITÉ EDITORIAL

Dra. Ruth Martínez Espinosa - Docente Honoraria
Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador
rimartinez@utpl.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9949-6859>

Dr. Bernardo Prieto Gutiérrez
Universidad de León. León, España
bprieg@unileon.es
<https://orcid.org/0000-0002-5463-9075>

Dra. Eliana Setsuko Kamimura
Universidade de São Paulo
elianask@usp.br
<https://orcid.org/0000-0002-9686-7519>

Dra. Daphne Doris Ramos Delgado
Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú
dramosd@unmsm.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0003-3176-804X>

Dra. Daymara Rodríguez Alfonso
Universidad Agraria de La Habana. San José de las Lajas, Cuba
daymara02@yahoo.es
<https://orcid.org/0000-0002-2089-5281>

Dr. Dubiel Alfonso González
Universidad Agraria de La Habana. San José de las Lajas, Cuba
dubielg@unah.edu.cu
<https://orcid.org/0000-0003-4712-2016>

Dr. Emmanuel Flores-Girón
Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México
efloresg@chapingo.mx
<https://orcid.org/0000-0002-5081-3478>

Dr. Christian R. Encina-Zelada
Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú
cencina@lamolina.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0001-6834-7121>

Dra. Clara Espinosa Silva
Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú
cespinoza_silva@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8229-4177>

Dra. Lucia Fuentes Jimenes
Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo.
Hidalgo, México
lfuentes@itesa.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-2343-5440>

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Ing. Yesenia Nathalie Díaz Zelada
Universidad Nacional del Callao. Callao, Perú.

Nuestra revista publica artículos originales e inéditos realizados por investigadores nacionales y extranjeros, en idioma inglés o español. Si usted está interesado en publicar con nosotros puede escribirnos al correo electrónico: revista.cientifica@ulcb.edu.pe

DIRECTOR EDITORIAL

Dr. Victor Jesús Samillan Soto
Universidad Le Cordon Bleu. Lima, Perú
victor.samillan@ulcb.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0003-1258-2856>

Dr. Juan José Gomez Díaz
Universidad Anáhuac. Puebla, México
juanjosegd@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0006-9751-1289>

Dr. Ronald Marlon Lozano Reátegui
Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia. Ucayali, Perú
rlozanor@unia.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-0656-0792>

Dr. Rodolfo Najarro Quintero
Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador
rodolfo.najarro@utc.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6760-4269>

Dr. Alberto Antonio Chassaigne Ricciulli
Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Texcoco, México
alberto.chassaigne@danac.org.ve
<https://orcid.org/0000-0001-9763-2116>

Dr. Segundo Eloy López Medina
Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú
slopezm@unitru.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0001-7719-8607>

Dr. Augusto Pumacahua Ramos
Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba. Quillabamba, Perú
augusto.pumacahua@uniq.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-8380-9168>

Dra. Iris Betzaida Pérez Almeida
Universidad Tecnológica ECOTEC. Guayaquil, Ecuador
iperez@ecotec.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-5929-892X>

Dr. Diego Fernando García Ramón
Universidad de Sao Paulo. Sao Paulo, Brasil
Fernando_garcia@usp.br
<https://orcid.org/0000-0003-3937-6796>

Dra. Gina Paola González Angarita
Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Bogotá, Colombia
gina.gonzalez@escuelaing.edu.co
<https://orcid.org/0000-0001-9210-3653>

Editorial

Presentar una nueva edición de la Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu es siempre una oportunidad para reflexionar sobre el papel que cumple la investigación científica en la generación de conocimiento y en la búsqueda de soluciones a los desafíos que enfrenta nuestra sociedad. En un escenario donde la seguridad alimentaria, la sostenibilidad de los sistemas productivos y la innovación tecnológica ocupan un lugar prioritario, la producción científica adquiere una relevancia cada vez mayor.

Los artículos que forman parte de este volumen 13, número 1, reflejan la diversidad de enfoques y líneas de investigación que caracterizan a las ciencias agrícolas y alimentarias contemporáneas. Los lectores encontrarán estudios relacionados con tecnologías innovadoras aplicadas a envases y embalajes, producción pecuaria familiar, desarrollo de alimentos con valor agregado, recursos genéticos de importancia agrícola, manejo fitosanitario, acuicultura y comportamiento del consumidor, entre otros temas de interés que contribuyen a comprender nuestra realidad y frente a los retos del sector agroalimentario.

Agradezco a los autores por confiar sus investigaciones a nuestra revista, a los revisores y a los miembros del comité editorial por su valiosa contribución a esta edición, en la que continuamos alineándonos con los estándares de indexación y difusión científica exigidos por bases de datos de reconocido prestigio, entre ellas SciELO. Al mismo tiempo que todos quedan cordialmente invitados a participar en el próximo número.

EL EDITOR

Impacto en la seguridad alimentaria del diseño de envases y embalajes con tecnologías innovadoras

Impact of packaging design with innovative technologies on food safety

 Raquel N. Veliz-Sagarvinaga¹

 Yaser M. Chavez-Solano¹

 Crhistian Larrea-Cerna¹

 Daniel E. Alvarado-León²

 David A. Callirgos-Romero³

crhistian.larrea@unat.edu.pe 

1.- Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo. Huancavelica, Perú

2.- Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú

3.- Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Río Grande del Sur, Brasil

Recibido: 16/06/2025

Revisado: 22/08/2025

Aceptado: 02/11/2025

Publicado: 06/01/2026

RESUMEN

El presente artículo de revisión sistemática literaria (RSL) analizó las nuevas tecnologías en el diseño de envases y embalajes en relación con la seguridad alimentaria, destacando la importancia de innovar en diseños que mejoren la funcionabilidad y la sostenibilidad. El estudio tuvo como objetivo realizar una revisión sistemática sobre el impacto de estas tecnologías en la seguridad alimentaria. Se utilizó una metodología donde se incluyó una búsqueda en la base de datos Scopus acompañado de criterios PICOC, análisis bibliométrico con Bibliometrix y PRISMA. En la búsqueda encontraron 16,736 estudios de los cuales se analizaron 37 artículos que revelan que tecnologías como los envases biodegradables y las etiquetas inteligentes son fundamentales para mejorar la trazabilidad y seguridad de los alimentos. Sin embargo, también se identificaron desafíos como los altos costos de producción y la complejidad de implementación. En el análisis, se subrayó la necesidad de un enfoque integral que combine la tecnología y sostenibilidad, y se enfatizó la importancia de fomentar la investigación continua en este campo. En conclusión, este estudio indica que, aunque existan avances prometedores, es esencial seguir desarrollando soluciones que garanticen la seguridad alimentaria y sean sostenibles y accesibles para la industria.

Palabras clave: Nuevas tecnologías; Envases y Embalajes; Seguridad alimentaria; Sostenibles; Trazabilidad.

ABSTRACT

This review article analyses new technologies in packaging design in relation to food safety, highlighting the importance of innovating designs that improve functionality and sustainability. The aim of the study was to conduct a systematic review of the impact of



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) International License

Rev. Investigaciones ULCB. Ene - Jul.13(1), 2026; ISSN: 2409 - 1537;05-22

these technologies on food safety. They used a methodology that included a search of the Scopus database with PICOC criteria, bibliometric analysis with Bibliometrix and the PRISMA guideline. Out of 16,736 studies, 37 articles were analysed and revealed that technologies such as biodegradable packaging and smart labels were key to improving food traceability and safety. However, they identified challenges such as high production costs and complexity of implementation. The analysis underlined the need for a holistic approach combining technology and sustainability, and emphasised the importance of encouraging continued research in this field. In conclusion, the study indicated that, although there were promising developments, it was essential to further develop solutions that ensured food safety and were sustainable and accessible to the industry.

Keywords: New technologies, Packaging, Food safety, Sustainability, Traceability.

INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria enfrenta retos vinculados a la seguridad, sostenibilidad e innovación en envases. A nivel global, un tercio de los alimentos producidos se desperdicia, equivalente a 1 300 millones de toneladas anuales (FAO, 2022). En Perú, el 28 % de los alimentos se pierde antes de llegar al consumidor, debido en gran parte a deficiencias en envasado y almacenamiento (MIDAGRI, 2019). En Huancavelica, donde la pobreza alcanza el 47,7 %, hasta el 30 % de la producción agrícola se pierde por falta de infraestructura adecuada (Gobierno Regional de Huancavelica, 2022).

La innovación en envases debe equilibrar funcionalidad, seguridad y experiencia del consumidor (Abejón *et al.*, 2020), considerando además el impacto ambiental: en Brasil, se desechan 25 000 toneladas diarias de envases en vertederos (Ministério do Meio, 2021). Los consumidores exigen envases que aseguren la calidad del producto (Ronzoni *et al.*, 2022) y transmitan valores de marca (Hongfeng y Bin, 2023).

La investigación actual avanza hacia envases inteligentes y activos (Stoma y Dudziak, 2022), películas antioxidantes de residuos de soja (Tkaczewska *et al.*, 2023) y sistemas antimicrobianos con nanopartículas de plata y bacteriocinas (Sharma *et al.*, 2023). Esta revisión aborda estas tecnologías emergentes como biosensores,

impresión 3D, envases comestibles e inteligentes que aún no han sido ampliamente exploradas en revisiones previas.

Para esta revisión sistemática de la literatura se emplearon varias metodologías. Se utilizó el método PICOC (Población, Intervención, Comparación, Resultados, Contexto) para definir preguntas de investigación y analizar resultados, como en estudios sobre inteligencia artificial y lógica simbólica/no simbólica (Negro y Pons, 2022). También se aplicó un análisis bibliométrico con Bibliometrix, herramienta usada en investigaciones de neurociencia aplicada a alimentos (Izaguirre y Ruiz, 2023). Finalmente, se siguió la guía PRISMA, común en revisiones de alimentos funcionales, como la germinación de quinua (Paucarchuco y Vilchez, 2024). Aunque estas metodologías suelen emplearse de manera independiente, esta revisión las combina para abordar el impacto del diseño de envases y embalajes con tecnologías innovadoras en la seguridad alimentaria.

El artículo de RSL tiene como objetivo analizar las corrientes actuales en el diseño de envases y embalajes, así como su impacto en la seguridad alimentaria. La RSL analiza el potencial de los envases en la industria alimentaria para prolongar la vida útil, garantizar seguridad, promover sostenibilidad y optimizar la ergonomía,

resaltando su papel en la obtención de productos de calidad y en la aceptación del consumidor.

MATERIALES Y METODOS

En el presente estudio se llevó a cabo una revisión sistemática de literatura (RSL) sobre el impacto en la seguridad alimentaria de las nuevas tecnologías innovadoras en los diseños de envases y embalajes. La búsqueda principal se realizó en la base de datos Scopus obteniéndose inicialmente 16 736 artículos. Posterior a ello mediante la metodología de criterios de Problema, Intervención, Comparación, Resultados y Contexto (PICOC) (Lohmann *et al.*, 2023), se definieron palabras claves y se aplicaron operadores booleanos en combinación con la base terminológica IATE, lo que permitió depurar la búsqueda a 1865 artículos publicados entre 2019 y 2024. Las palabras clave resultan esenciales en una RSL, ya que permiten indexar, recuperar y evaluar la relevancia de los artículos en un tema específico (Sezer *et al.*, 2022). Asimismo, se utilizó el programa Bibliometrix (RStudio) para evaluar tendencias y la guía PRISMA para la selección final, aplicando criterios de inclusión y exclusión.

Formulación de las preguntas de investigación

Debido a que el enfoque de la RSL se basa en el impacto en la seguridad alimentaria de las nuevas tecnologías, en los diseños de envases y embalajes, se mencionan las siguientes preguntas claves de la investigación:

Pregunta general

Q1: ¿Cuál es el impacto de las nuevas tecnologías de diseño que se realizan en envases y embalajes en la industria alimentaria?

Preguntas específicas

EQ1: ¿Cuáles son las necesidades que cubren el diseño de nuevos envases y embalajes en la seguridad alimentaria?

EQ2: ¿Cuáles son los métodos que se utilizan para identificar la funcionalidad, sostenibilidad ambiental y la reducción de residuos en los envases y embalajes?

EQ3: ¿Qué beneficios positivos ofrecen las nuevas tecnologías de diseño en envases y embalajes para la seguridad alimentaria?

EQ4: ¿Qué soluciones innovadoras existen en la industria de envases y embalajes?

Formulación / elección de ecuaciones y herramientas de búsqueda

Los criterios de diseño de embalajes se analizaron mediante artículos de Scopus, utilizando la metodología PICOC (Huamán *et al.*, 2021). Para la búsqueda sistemática se emplearon operadores booleanos (“AND”, “OR”, “NOT”) y términos clave en inglés relacionados con la industria alimentaria (IATE). La ecuación final de búsqueda fue: (“Packaging innovation” or “Packaging design” or “Packaging” or “Food safety”) AND (“Packaging functionality” or “Packaging production” or “Solutions” or “Materials” or “Packaging adaptation” or “Packaging technology”) AND (“Food Safety” or “Environmental Sustainability” or “Biodegradable Packaging” or “Traditional” or “Conventional” or “Food Waste”) AND (“Nanotechnology” or “Smart Packaging” or “Bioplastics” or “3D Printing” or “Food Safety” or “Quality”) AND (“Food Innovation” or “Packaging Technologies” or “Food Industry”).

Análisis Bibliométrico

Tras la búsqueda en Scopus, se aplicó un análisis bibliométrico con RStudio–Bibliometrix sobre los artículos identificados mediante la metodología PICOC. Se observó una tasa anual de crecimiento del 9,74 %, reflejando la expansión de la investigación en tecnologías de envases. Además, se construyó una red de concurrencia que mostró la relación entre los distintos campos de estudio a partir de las palabras clave de los autores.

Criterios de inclusión y exclusión

Posterior a la búsqueda inicial en Scopus (16 736 registros), se aplicó la metodología PRISMA, estableciendo criterios de inclusión y exclusión para depurar los resultados (Carrera-Rivera *et al.*, 2022).

Estos criterios se muestran en la Tabla 1, donde se especifican cinco criterios de inclusión (CI1–CI5) y un criterio de exclusión (CE1).

Tabla 1.
Criterios para la búsqueda de artículos científicos (PRISMA)

CRITERIOS DE INCLUSIÓN		CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	
TIPO		TIPO	
CI1	Artículos de los últimos 6 años (2019 - 2024)	CE1	Idioma: Polaco
CI2	Área temática: Ciencias Agrícolas y Biológicas,		
	Ingeniería, Química, Ciencias de los Materiales,		
	Ingeniería Química, Ciencia medioambiental.		
CI3	Tipo de documento: Artículo		
CI4	País: Porcelana, India, EE.UU., España, Reino Unido,		
	Polonia, Corea del Sur.		
CI5	Acceso: Abierto		

Nota: Detalla los criterios de inclusión y exclusión utilizados para la selección de artículos de la revisión sistemática

Tras la aplicación de estos criterios, el total se redujo a 84 artículos. Posteriormente, mediante una revisión exhaustiva, se seleccionaron aquellos con mayor relevancia y pertinencia al tema, obteniéndose un total de 37 estudios para el análisis final. Este proceso se sintetiza en el diagrama de flujo PRISMA (Figura 1).

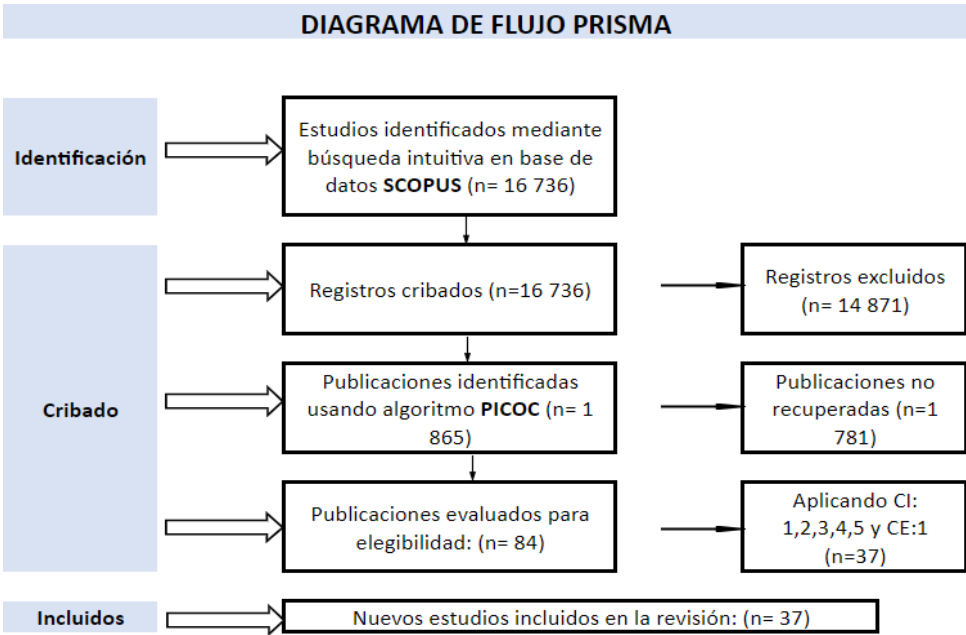


Figura 1: Criterios para la búsqueda de artículos científicos (PRISMA)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total, 37 estudios cumplieron con el objetivo de la investigación y fueron considerados en el análisis.

Resultado de los años de publicación de las investigaciones

La Tabla 2 muestra la distribución de los artículos seleccionados por año de

publicación (2019–2024). Se observa un mayor número en 2022 y 2023, con 21 investigaciones cada uno (25 % del total), lo que evidencia un notable incremento reciente en la producción científica sobre tecnologías de envases.

Tabla 2.
Investigaciones encontradas tras aplicar la metodología PRISMA

Año	Nº de artículos	Porcentaje (%)
2019	8	10
2020	11	13
2021	13	15
2022	21	25
2023	21	25
2024	10	12
Total	84	100%

Nota: Datos obtenidos de la plataforma Scopus

Resultado de las preguntas PICOC

Para responder a las preguntas planteadas mediante la metodología PICOC, se analizaron los 37 artículos seleccionados.

Resultados para la pregunta Q1

Q1: ¿Cuál es el impacto de las nuevas tecnologías de diseño que se realizan en

envases y embalajes en la industria alimentaria?

La Tabla 3 muestra que el 73 % de los artículos analizados reportan impactos positivos asociados al uso de nuevas tecnologías en envases y embalajes (27 estudios), mientras que el 27 % evidencian efectos negativos (10 estudios).

Tabla 3.
Resultados de artículos que tienen impactos positivos o negativos al usar nuevas tecnologías en el diseño de envases y embalajes

Efectos del diseño de envases y embalajes	Nº de artículos	Porcentaje (%)
Artículos con efectos positivos	27	73
Artículos con efectos negativos	10	27
Total	37	100

Nota: Datos obtenidos de la plataforma Scopus

Para responder de manera más precisa a la pregunta Q1, esta se subdividió en dos subpreguntas:

Q1-1 ¿Cuáles son los efectos positivos de la aplicación de nuevas tecnologías para el diseño de envases y embalajes en los artículos investigados?

Los efectos positivos identificados en 27 artículos revisados se agrupan en tres categorías principales: detección y monitoreo, propiedades antimicrobianas y antioxidantes, y propiedades de barrera y funcionalidad.

En detección y monitoreo, Anjali *et al.* (2022) desarrollaron sensores colorimétricos PANI-PEC para detectar *E. coli* en lácteos con alta estabilidad, mientras que Ameri *et al.* (2024) usaron antocianinas de arroz negro para evidenciar el deterioro del pescado mediante cambios de pH visibles. Ambos destacan la utilidad de los sensores colorimétricos, aunque difieren en su enfoque. Sin embargo, mientras Anjali *et al.* se enfocan en la estabilidad a largo plazo de los sensores, Ameri *et al.* destacan la accesibilidad y comprensión del cambio de color por parte del consumidor, lo que sugiere un enfoque más orientado al usuario final.

Por otro lado, Popa *et al.* (2019) proponen sistemas de embalaje inteligentes con sensores IoT capaces de monitorear en tiempo real patógenos, gases, temperatura y humedad, ofreciendo un control integral de la calidad en contraste con los métodos puntuales de Anjali *et al.* y Ameri *et al.*, centrados en detecciones específicas y visibles. Este enfoque resulta más adecuado para producción y distribución a gran escala. Complementariamente, Benítez *et al.* (2023) avanzan en la detección de alérgenos como la gliadina, ampliando las aplicaciones de los sensores y demostrando que la seguridad alimentaria puede abordarse desde múltiples frentes tecnológicos.

En cuanto a las propiedades antimicrobianas, Sharma *et al.* (2023) demostraron que recubrimientos de nanopartículas de plata y bacteriocinas en papel de celulosa inhiben patógenos, mientras que Ekonomou *et al.* (2023) desarrollaron superficies impresas en 3D de PLA y TPU con nanopartículas metálicas, eficaces contra patógenos alimentarios y nosocomiales. Ambos destacan el rol clave de la acción antimicrobiana, aunque difieren en materiales y métodos: recubrimientos convencionales frente a impresión 3D especializada. Respecto a las propiedades antioxidantes, Tkaczewska *et al.* (2023) elaboraron películas con residuos de soja, aportando sostenibilidad, mientras que Arumugam *et al.* (2022) combinaron nanopartículas de sílice y aceite de semilla de uva en PBAT, mejorando resistencia y funcionalidad. Ambos priorizan recursos naturales y biodegradables, pero difieren en el enfoque: valorización de residuos frente a integración de tecnologías avanzadas.

En el ámbito de las propiedades de barrera, Ban *et al.* (2020) propusieron superficies de acero inoxidable nanoestructuradas que reducen la adhesión bacteriana, mientras que Song *et al.* (2024) desarrollaron películas superhidrofóbicas de polietileno con nanopartículas de sílice para mejorar la repelencia al agua y la conservación. Ambos enfoques reflejan estrategias distintas, materiales duraderos frente a flexibles cuya elección depende del tipo de alimento, las condiciones de almacenamiento y las prioridades de seguridad.

En conjunto, Los estudios coinciden en que las tecnologías emergentes mejoran la seguridad, prolongan la vida útil y favorecen la sostenibilidad, aunque difieren en sus enfoques: desde soluciones visibles para el consumidor hasta herramientas como IoT o impresión 3D. Su aplicación dependerá del tipo de alimento y las exigencias del mercado.

Q1-2 ¿Cuáles son los efectos negativos en la aplicación de diseños en envases y embalajes en los artículos investigados?

Los efectos negativos identificados en los estudios revisados se agrupan en tres áreas principales: migración de compuestos, integridad del envase y limitaciones en la vida útil.

La migración de compuestos desde los envases hacia los alimentos constituye una preocupación central en la seguridad alimentaria. Asensio *et al.* (2020) menciona desde un punto de vista ecológico, el trigo y la madera son biocompuestos. Sin embargo, pueden ser perjudiciales y liberar compuestos volátiles, afectando en la seguridad alimentaria. Así también, Ban *et al.* (2020) determinaron que la formación de biopelículas en superficies de acero inoxidable plantea preocupaciones sobre la seguridad antimicrobiana de los materiales en contacto con los alimentos. A diferencia de, Tkaczewska *et al.* (2023) mencionan que las películas microbianas se producen a partir de películas comestibles de residuos de soja, aunque biodegradables, no lograron inhibir el crecimiento microbiano. Enfatizaron la importancia de evaluar los materiales para el embalaje de alimentos en relación con la migración de compuestos y la actividad antimicrobiana.

Fernández *et al.* (2021) resaltan que los envases biodegradables, podrían resultar en problemas de seguridad alimentaria por la falta de resistencia mecánica. López *et al.* (2020) y Rodríguez *et al.* (2019)

mencionan esta misma preocupación por la falta de protección, la vida útil más corta que ofrecen estos envases biodegradables a comparación de los envases convencionales. Estos estudios resaltan la necesidad de mejorar la resistencia mecánica de los envases alimentarios biodegradables, mientras se busca proteger el medio ambiente.

Nájera *et al.* (2024) demuestran que los envases reciclables sirven para reducir la protección, mientras afectan la calidad del queso. Por otro lado, Gonzales *et al.* (2019) presenta nanopartículas de plata como un medio para prolongar la vida útil del queso, aunque con el riesgo de introducir una toxicidad. Ambos estudios coinciden que existen riesgos en cuanto a nuevos diseños de envases para mejorar la seguridad y la aceptación sensorial, mejorando la conservación de los alimentos.

Tkaczewska *et al.* (2023) y Martínez *et al.* (2022) mencionan que los diseños de envases de almidón y residuos de soja, pueden degradarse rápidamente afectando la vida útil del producto. Así como López *et al.* (2020) y Rodríguez *et al.* (2019) determinaron que estos envases ofrecen una menor protección a comparación de los convencionales, acortando la vida útil de alimentos perecederos, así como lácteos. En conjunto, los estudios coinciden en que la biodegradabilidad aporta beneficios ambientales, pero plantea retos para la preservación, lo que exige desarrollar tecnologías que equilibren sostenibilidad y funcionalidad.

Tabla 4.

Resultados de artículos que tienen impactos positivos o negativos al usar nuevas tecnologías en el diseño de envases y embalajes

Aspecto	Ventajas	Desventajas
Sensores y envases inteligentes	Permiten monitoreo continuo y detallado de la calidad de los alimentos, mejorando la trazabilidad y seguridad (Popa <i>et al.</i> , 2019).	Costos iniciales altos y necesidad de infraestructura tecnológica avanzada (Popa <i>et al.</i> , 2019).
Sensores para detección de alérgenos	Detectan concentraciones bajas de alérgenos con alta precisión, mejorando la seguridad alimentaria (Benítez <i>et al.</i> , 2023).	Pueden ser costosos y requieren validación rigurosa para distintas matrices alimentarias (Benítez <i>et al.</i> , 2023).
Envases activos y antioxidantes	Prolongan la vida útil de los productos perecederos, reduciendo el desperdicio (Tkaczewska <i>et al.</i> , 2023).	Pueden no ser efectivos en todas las aplicaciones, y algunos materiales pueden ser costosos (Tkaczewska <i>et al.</i> , 2023).
Envases biodegradables y bioplásticos	Ofrecen alternativas sostenibles a los plásticos convencionales (Chausali <i>et al.</i> , 2022; Asensio <i>et al.</i> , 2020).	Riesgo de migración de compuestos volátiles y rápida degradación que compromete la protección de alimentos. (Chausali <i>et al.</i> , 2022; Asensio <i>et al.</i> , 2020).
Recubrimientos específicos	Prolongan la vida útil de los alimentos, ofreciendo beneficios funcionales y de sostenibilidad (Tkaczewska <i>et al.</i> , 2023).	Algunos recubrimientos no logran inhibir el crecimiento microbiano de manera efectiva (Tkaczewska <i>et al.</i> , 2023).
Propiedades de barrera	Protegen los alimentos de factores externos como el oxígeno, humedad y luz, asegurando su frescura y calidad sensorial (Liu <i>et al.</i> , 2022).	Pueden ser costosos y complejos de producir (Liu <i>et al.</i> , 2022).

Nota: La tabla resume las ventajas y desventajas de las innovaciones en envases y embalajes, citando a los autores

Resultados para la pregunta EQ1

EQ1: ¿Cuáles son las necesidades que cubren el diseño de nuevos envases y embalajes en la seguridad alimentaria?

Para poder responder a esta pregunta PICOC se generó las siguientes sub preguntas:

EQ1-1 ¿Cuáles son las necesidades identificadas en el diseño de nuevos envases y embalajes?

La Figura 2 resume las necesidades principales detectadas en los estudios revi-

sados, entre ellas envases activos, antioxidantes y tecnologías específicas como envasado al vacío y atmósferas modificadas, reportadas solo en dos artículos.

Los estudios muestran enfoques diversos, reflejando un campo en evolución. Bassey *et al.* (2022) evaluaron la panceta de cerdo cocida envasada al vacío, demostrando que factores como la temperatura de almacenamiento afectan parámetros fisicoquímicos (pH, color, TBARS, TVB-N) y la comunidad bacteriana. Su análisis eviden-

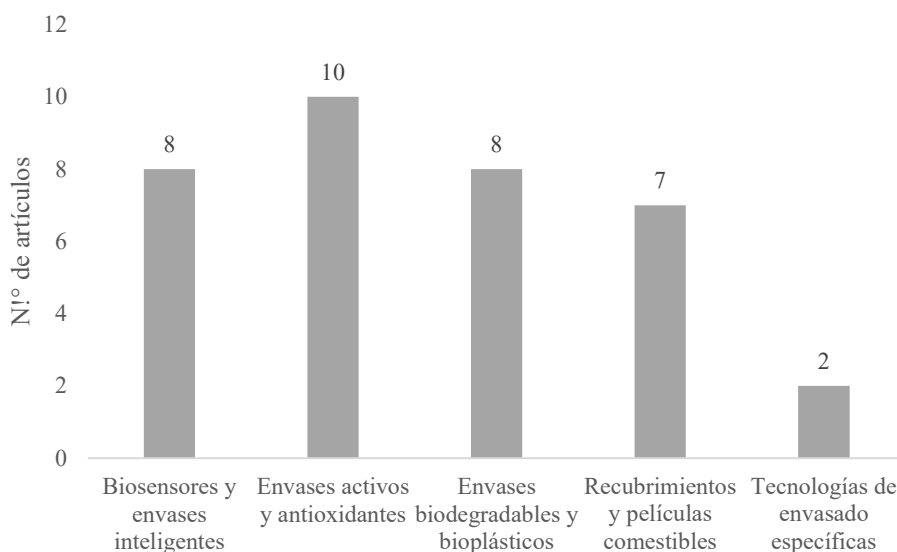


Figura 2: Nuevas tecnologías identificadas en el diseño de envases y embalajes

cia cómo las condiciones ambientales determinan la funcionalidad del envase y la calidad del producto.

Por otro lado, Ede *et al.* (2021) estudiaron los nanocristales de celulosa (CNC) mediante pruebas físicas, químicas y biológicas *in vivo* e *in vitro*, resaltando la necesidad de validar la seguridad de nuevos materiales en contacto con alimentos. En contraste, Nájera *et al.* (2024) evaluaron quesos envasados en atmosfera modificada, destacando su impacto en la preservación sensorial y comparando la resistencia de envases reciclables frente a plásticos convencionales. Mientras el primer estudio se centra en la seguridad de materiales innovadores, el segundo enfatiza la sostenibilidad y la percepción del consumidor en la funcionalidad de un envase.

Stoma y Dudziak (2022) analizaron actitudes y comportamientos de los consumidores hacia envases activos e inteligentes, subrayando que la aceptación y el conocimiento del usuario son determinantes para su éxito en el mercado. Esta perspectiva complementa estudios fisicoquímicos al incorporar una dimensión social y económica en la evaluación de la funcionalidad del envase.

En el ámbito de las tecnologías avanzadas, Popa *et al.* (2019) propusieron un sistema IoT para poder monitorear en tiempo real parámetros críticos de los alimentos, mientras que Iftekhar *et al.* (2020) integraron IoT y blockchain para reforzar la trazabilidad y transparencia en la cadena de suministro. Por su parte, Kaur *et al.* (2022) desarrollaron sensores electroquímicos con nanomateriales para detectar contaminantes, aportando una protección activa a la seguridad alimentaria. Estos enfoques muestran como las innovaciones tecnológicas abarcan desde el control de calidad hasta la detección y trazabilidad.

Al comparar los estudios, observamos un consenso en la necesidad de integrar métodos fisicoquímicos y tecnológicos para poder evaluar la funcionalidad de los envases. No obstante, difieren en sus enfoques: Bassey *et al.* (2022) y Ede *et al.* (2021) priorizan la interacción envase-producto, mientras que Nájera *et al.* (2024) y Stoma y Dudziak (2022) incorporan la percepción y aceptación del consumidor. Por otro lado, Popa *et al.* (2019) e Iftekhar *et al.* (2020) aportan la perspectiva digital mediante sensores e IoT-blockchain, ampliando la evaluación hacia la trazabilidad y seguridad.

Tabla 5.

Resultados de artículos que tienen impactos positivos o negativos al usar nuevas tecnologías en el diseño de envases y embalajes

Autor y Año	Tipo de Envase	Material Utilizado	Aplicación	Resultados Positivos
Popa <i>et al.</i> (2019)	Envase inteligente	Sensores de gas, temperatura y humedad	Alimentos envasados al vacío	Monitoreo de la calidad en tiempo real mediante IoT; mejora en la seguridad alimentaria.
Arumugam <i>et al.</i> (2022)	Película biocompuesta	Aceite esencial de semilla de uva y nanopartículas de sílice	Productos avícolas, pescado, tomates	Alta actividad antimicrobiana y antioxidante; mejora en la resistencia a la tracción y estabilidad térmica.
Tkaczewska <i>et al.</i> (2023)	Película comestible doble capa	Hidrolizados de proteicos de salvado de soja y furcellarén	Productos vegetarianos (tofu)	Biodegradación completa en 10 días; no toxicidad para el crecimiento de semillas de berro.
Dai (2023)	Envase ecológico y de bajas emisiones de carbono	Sensores inalámbricos y Tecnología de inteligencia artificial	Conservación de alimentos	Reducción en el uso de energía y emisiones de carbono; mejora en la sostenibilidad.
Wrona <i>et al.</i> (2023)	Envase de biopolímeros	Quitosano y nanopartículas de Cu y Ag	Alimentos perecederos	Alta inhibición bacteriana; mejora en propiedades mecánicas y de hidrofobicidad.

Nota: Esta tabla resume los avances en envases alimentarios utilizando diversos materiales, destacan mejoras en vida útil y seguridad.

EQ1-2 ¿Cuáles son las necesidades que se cubren en la seguridad alimentaria?

En los 37 artículos científicos revisados, 14 de ellos se centran en prolongar la vida útil de los alimentos, abordando detección de calidad, propiedades antimicrobianas y antioxidantes y reducción de residuos en la industria.

Popa *et al.* (2019) en su investigación destacan el potencial de los envases

inteligentes con sensores IoT para el monitoreo constante de los parámetros críticos como gases, temperatura, humedad y patógenos, ofreciendo la evaluación más dinámica y precisa que los métodos tradicionales existentes. Sin embargo, este avance enfrenta limitaciones relacionados con la necesidad de una infraestructura tecnológica avanzada, lo que dificulta su aplicación a gran escala. Por otro lado, Anjali *et al.* (2022) desarrollaron un sensor coloríme-

tro basado en papel con nanopartículas de polianilina-pectina para detectar *E. coli* en derivados lácteos, se destacó por su bajo costo, simplicidad y estabilidad. Aun así, el enfoque en un único contaminante limita su alcance comparado a sistemas más integrales como los de Popa *et al.* (2019), que monitorea diversos parámetros mediante IoT.

Soe *et al.* (2023) desarrollaron superficies antimicrobianas en impresión 3D, aparte de inhibir patógenos, mejoraron las propiedades mecánicas y de barrera de los envases. Además, Arumugam *et al.* (2022) elaboraron películas biocompuestas a partir de aceite esencial de semilla de uva y nanopartículas de sílice, este destacó su actividad antimicrobiana y antioxidante. Estos estudios comparten en la creación de materiales para prolongar la vida útil de los alimentos y reducir los desperdicios.

Es importante prolongar la vida útil para reducir los desechos y garantizar alimentos seguros. Asensio *et al.* (2020) evaluaron la migración de compuestos volátiles en materiales biológicos naturales como la pulpa de trigo y madera, proponiendo como una alternativa sostenible a los plásticos. Por otro lado, González *et al.* (2021) analizaron biopolímeros y confirmaron que estos mejoran la conservación y reducen su impacto ambiental. Estos estudios coinciden en la importancia de los envases sostenibles, aunque existen limitaciones en costo y disponibilidad.

Barzan *et al.* (2024) propusieron reutilizar extractos naturales de los residuos fomentando la economía circular elaborando envases antioxidantes. A esto, Hernández *et al.* (2020) destacaron el uso de materiales biodegradables para minimizar los residuos y mejorar la seguridad alimentaria. Estos difieren en la reutilización de subproductos frente a la biodegradabilidad. Fernández *et al.* (2019) coincidieron con Barzan *et al.* (2024) en cuanto a su desarrollo de envases activos con compuestos

naturales antimicrobianos, estos son capaces de inhibir patógenos y prolongar la vida útil, mejorar la seguridad y calidad del producto.

Por último, la propiedad de mecánica y de barrera son fundamentales en la integridad del envase. Arumugam *et al.* (2022) y Ekonomou *et al.* (2023) coincidieron que al incorporar nanopartículas en los polímeros mejora la resistencia y protección, dando una solución eficaz para la industria. Aun así, existen dudas sobre su viabilidad económica, la producción a gran escala y la necesidad de distintos enfoques en la metodología para tener una perspectiva amplia con el fin de garantizar la seguridad y funcionalidad de los envases.

Resultados para la pregunta EQ2

EQ2: ¿Cuáles son los métodos que se utilizan para identificar la funcionalidad, sostenibilidad ambiental, y la reducción de residuos en los envases y embalajes?

Para poder responder a esta pregunta PICOC se generó la siguiente subpregunta:

Q2-1 ¿Qué métodos se utilizan para identificar la funcionalidad del envase?

Este trabajo de investigación identificó tres grupos principales para identificar la funcionalidad de los envases: microbiológicos y fisicoquímicos, sensoriales y tecnológicos.

Bassey *et al.* (2022) evaluaron el perfil fisicoquímico y microbiológico de la panceta del cerdo envasado al vacío, analizando el color, pH, TVB-N y TBARS. En sus resultados obtuvieron que la temperatura de almacenamiento influye en la estabilidad química y microbiota, enfatizando el papel del contenedor en la conservación del producto. Así como, Ede *et al.* (2021) estudiaron los nanocristales de celulosa (CNC) para el envasado de alimentos en estudios físicos, químico y biológicos, *in vivo* e *in vitro*. Resaltan la necesidad de realizar

pruebas de compatibilidad para no permitir que las interacciones comprometan la calidad y seguridad del producto.

Nájera *et al.* (2024) evaluaron las características sensoriales de cuñas de queso de oveja almacenadas en diversas condiciones de temperatura y tiempo, se enfocaron en la importancia del envasado en atmosfera modificada para mantener sus atributos de calidad que son percibidos por el consumidor. También compararon materiales reciclables con plásticos convencionales, contribuyendo a la sostenibilidad y funcionalidad del envasado. Adicionalmente, Stoma y Dudziak (2022) se enfocaron en la actitud y comportamiento de los consumidores respecto a los envases activos e inteligentes, dando énfasis a la aceptación y conciencia del consumidor que es vital para el éxito comercial.

Popa *et al.* (2019) sugirieron un sistema basado en IoT para monitorear gas, temperatura y humedad de alimentos en tiempo real, mientras que Iftekhar *et al.* (2020) combinaron el sistema basado en IoT con el blockchain para garantizar la trazabilidad en la cadena de suministro. Estos estudios mencionan la importancia de la digitalización en la mejora de la seguridad alimentaria y la transparencia. Pero, difieren en su enfoque de control de calidad durante el almacenamiento, mientras el otro se centró en la gestión integrada en la cadena de suministro.

Kaur *et al.* (2022) desarrollaron un nanosensor-electroquímico para detectar contaminantes en alimentos, este avance tecnológico es una herramienta significativa para reforzar la seguridad alimentaria uniendo el control de calidad con protección activa contra peligros potenciales.

Al comparar estos estudios, se observa un consenso en la importancia de combinar métodos fisicoquímicos y tecnológicos para evaluar la funcionalidad de

los envases. No obstante, difieren en sus enfoques: Bassey *et al.* (2022) y Ede *et al.* (2021) analizan la interacción directa entre envase y alimento, mientras que Nájera *et al.* (2024) y Stoma y Dudziak (2022) consideran aspectos sensoriales y la percepción del consumidor. Por su parte, Popa *et al.* (2019) e Iftekhar *et al.* (2020) incorporan tecnologías de la información, mostrando cómo sensores y blockchain transforman el monitoreo y aseguramiento de la funcionalidad del envase.

Resultados para la pregunta EQ3

EQ3: ¿Qué beneficios positivos ofrecen las nuevas tecnologías de diseño en envases y embalajes para la seguridad alimentaria?

La revisión identificó ocho áreas de beneficio, siendo la seguridad y conservación alimentaria la más destacada con 14 artículos, seguida de la autenticidad y protección del producto (8). Tanto el control de calidad como los indicadores de trazabilidad alcanzan 6 estudios cada uno, mientras que el control de condiciones ambientales es el menos investigado, con 3 (Figura 3).

Ameri *et al.* (2024) y Anjali *et al.* (2022) destacan el papel de los sensores colorimétricos en la seguridad alimentaria. Los primeros desarrollaron sensores con antocianina/PET para detectar el deterioro del pescado mediante variación de pH, mientras que los segundos emplearon papel con nanopartículas de polianilina-pectina (PANI-PEC) para identificar *Escherichia coli* en lácteos. Ambos coinciden en la relevancia de estos sensores, aunque difieren en su aplicación: monitoreo de frescura en pescado versus detección de patógenos en productos lácteos.

En películas con propiedades antimicrobianas y antioxidantes, Arumugam *et al.* (2022) reportan el uso de aceite esencial de semilla de uva y PBAT con nanopartículas de SiO₂, que mejoran la resistencia

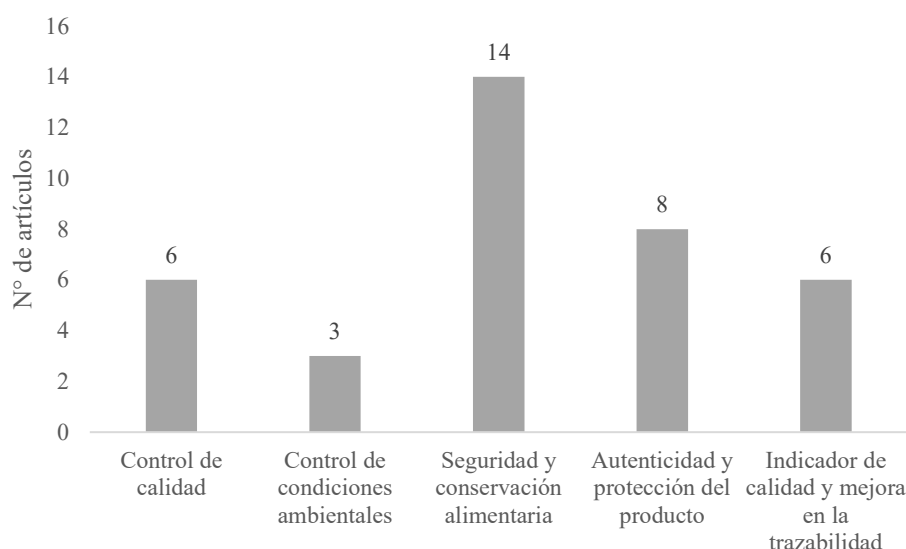


Figura 3: Áreas que se han investigado en la seguridad alimentaria respecto al uso de nuevas tecnologías en el diseño de envases y embalajes

térmica y la conservación de alimentos. De forma similar, Barzan *et al.* (2024) desarrollaron envases activos de celulosa con extractos naturales antioxidantes. Ambos coinciden en la relevancia de estas propiedades para prolongar la vida útil, aunque difieren en los materiales y tecnologías aplicadas.

Ban *et al.* (2020) proponen recubrimientos de teflón tratados electroquímicamente para reducir *Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium* en envases, mientras que Benítez *et al.* (2023) desarrollaron inmunosensores ópticos basados en resonancia para rastrear alérgenos. Aunque ambos estudios se enfocan en la seguridad alimentaria, difieren en su abordaje: prevención de contaminación bacteriana versus detección de alérgenos. Esta diversidad refleja cómo las tecnologías de envasado pueden adaptarse a distintas dimensiones de la seguridad.

Ameri *et al.* (2024) evaluaron indicadores de calidad en envases con sensores colorimétricos que detectan gases volátiles (TVB-N), ofreciendo una señal visual de

la frescura del pescado. Esta innovación se inserta en la tendencia de envases inteligentes que, además de proteger, informan en tiempo real sobre la calidad del producto.

Por último, Rothwell *et al.* (2023) evaluaron el uso del agua activada por plasma (PAW) como

Desinfectante en productos frescos, destacando su eficacia por no generar subproductos tóxicos. En contraste, Asencio *et al.* (2020) analizaron la migración de compuestos volátiles en biomateriales naturales para evaluar su seguridad como envase. Ambos autores coinciden en priorizar la seguridad alimentaria, aunque desde enfoques distintos: desinfección avanzada versus evaluación de materiales.

Las tecnologías en los envases han mejorado la seguridad alimentaria al poder detectar contaminantes, prolongar la vida útil y preservar la calidad. Aunque los estudios coinciden en su relevancia, difieren en enfoques y métodos, reflejando la diversidad de retos y soluciones en este campo de la seguridad alimentaria.

Resultados para la pregunta EQ4

EQ4: ¿Qué soluciones innovadoras existe en la industria de envases y embalajes?

En la figura 4 se muestra que la mayoría de los artículos se centran en los envases activos e inteligentes (13), seguido de los envases con propiedades funcionales que se encuentran en 11 artículos y los biodegradables (7), mientras que las tecnologías de conservación aparecen en 6 publicaciones. Todas estas investigaciones reflejan un avance significativo en la industria, priorizando la preservación de los alimentos junto con la sostenibilidad y funcionalidad de los envases.

Stoma y Dudziak (2022) y Chau-sali *et al.* (2022) coinciden en que los envases activos interactúan con los alimentos para prolongar su frescura mediante sensores que monitorean cambios en el entorno, ofreciendo información

en tiempo real para prevenir desperdicios y mantener la calidad. No obstante, mientras los primeros destacan la detección de cambios, los segundos amplían el enfoque a la liberación o absorción de compuestos como antioxidantes o antimicrobianos, lo que evidencia una diversificación entre monitoreo e intervención activa. Un ejemplo son las películas comestibles antioxidantes a base de residuos de soja, propuestas como envases activos veganos para productos perecederos. De forma complementaria, se han desarrollado envases con extractos naturales de residuos alimentarios y hojas de *Moringa oleifera*, que prolongan la vida útil y preservan la calidad y seguridad de los alimentos (Barzan *et al.*, 2024). Ambos coinciden en la importancia de usar materiales sostenibles, aunque difieren en la aplicación de películas comestibles versus incorporación de extractos naturales como agentes activos.

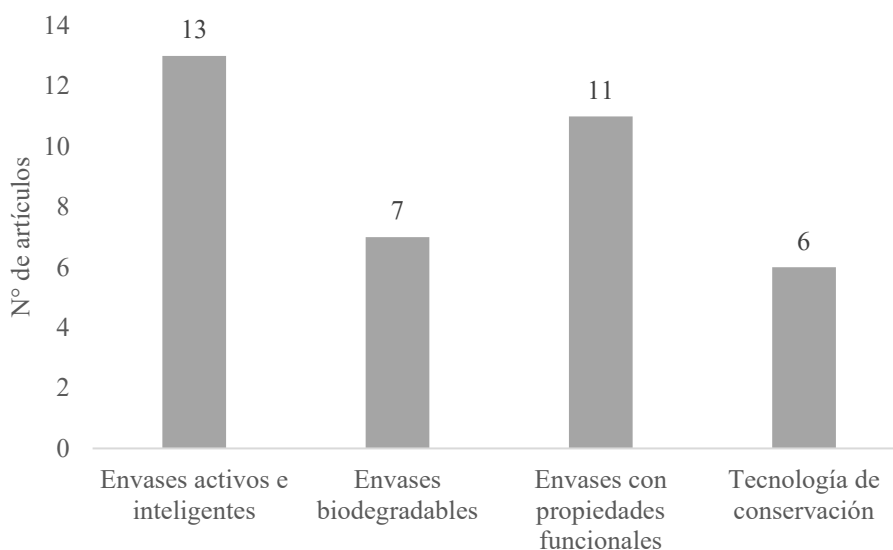


Figura 4: Soluciones innovadoras para los envases en la industria alimentaria

En envases biodegradables, el quitosano se emplea como matriz biopolimérica con propiedades barrera y biodegradabilidad, reutilizando residuos y favoreciendo la economía circular (Tkaczewska *et al.*, 2023). De forma complementaria, los envases activos con extractos naturales prolon-

gan la vida útil de los alimentos y contribuyen a la sostenibilidad al usar materiales renovables (Barzan *et al.*, 2024). Mientras Tkaczewska *et al.* destacan el efecto barrera, Barzan *et al.* resaltan la interacción activa con los alimentos, evidenciando enfoques distintos dentro del mismo campo.

Cazón *et al.* (2022) destacan el uso de biopolímeros y marcos metal-orgánicos (MOFs) como barreras contra la permeabilidad al vapor de agua y contaminantes, mejorando la conservación y reduciendo el uso de plásticos derivados del petróleo. La incorporación de MOFs supone un avance frente a biopolímeros tradicionales, aunque plantea retos de costo y complejidad de fabricación poco abordados en otros estudios. La innovación en envases para la industria alimentaria ha generado una variedad de soluciones que abordan tanto la seguridad alimentaria como la sostenibilidad.

DESAFÍOS Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

El diseño de envases innovadores enfrenta desafíos como la compatibilidad de nuevos materiales con biopolímeros, los altos costos de producción de envases inteligentes y activos, y la necesidad de evaluar su viabilidad comercial y aceptación del consumidor. Además, la baja conciencia sobre estas tecnologías y las estrictas normativas pueden retrasar su adopción. No obstante, avances como la nano encapsulación de aditivos, bioenvases, y la integra-

ción de inteligencia artificial y blockchain ofrecen oportunidades para poder mejorar la trazabilidad, seguridad y sostenibilidad. Futuras investigaciones deberían enfocarse en soluciones que garanticen la seguridad alimentaria, sean sostenibles y aumenten la confianza del consumidor, como etiquetas inteligentes que informen en tiempo real la calidad del producto.

CONCLUSIONES

La revisión sistemática revela una tendencia hacia la innovación tecnológica y la sostenibilidad en envases y embalajes alimentarios. La incorporación de propiedades antimicrobianas, antioxidantes y barrera ha demostrado mejorar la vida útil, la seguridad y calidad de los alimentos. Asimismo, el uso de los sensores y tecnologías inteligentes permite el monitoreo más preciso, favoreciendo la frescura y la prevención de contaminación. No obstante, persisten desafíos como los altos costos y la complejidad de producción, la seguridad de materiales emergentes como nanopartículas, y la limitada aceptación y conocimiento del consumidor, lo que puede restringir su adopción a gran escala.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abejón, R., Bala, A., Vázquez-Rowe, I., Aldaco, R., y Fullana-i-Palmer, P. (2020). When plastic packaging should be preferred: Life cycle analysis of packages for fruit and vegetable distribution in the Spanish peninsular market. *Resources, Conservation, and Recycling*, 155(104666), 104666. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104666>
- Ameri, M., Ajji, A., y Kessler, S. (2024). Characterization of a Food- Safe Colorimetric Indicator Based on Black Rice Anthocyanin/PET Films for Visual Analysis of Fish Spoilage. *Packaging Technology and Science*, 37(8), 769–780. <https://doi.org/10.1002/pts.2824>
- Anjali, M. K., Bharath, G., Rashmi, H. M., Avinash, J., Naresh, K., Raju, P. N., y Raghu, H. V. (2022). Polyaniline-Pectin nanoparticles immobilized paper based colorimetric sensor for detection of Escherichia coli in milk and milk products. *Current Research in Food Science*, 5, 823–834. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.04.006>
- Arumugam, S., Kandasamy, J., Thiyaku, T., y Saxena, P. (2022). Effect of Low Concentration of SiO₂ Nanoparticles on Grape Seed Essential Oil/PBAT Composite Films for Sustainable Food Packaging Application. *Sustainability*, 14(13). <https://doi.org/10.3390/su14138073>

- Asensio, E., Montañés, L., y Nerín, C. (2020). Migration of volatile compounds from natural biomaterials and their safety evaluation as food contact materials. *Food and Chemical Toxicology*, 142. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111457>
- Ban, G.-H., Li, Y., Wall, M. M., y Jun, S. (2020). A nanoengineered stainless steel surface to combat bacterial attachment and biofilm formation. *Foods*, 9(11). <https://doi.org/10.3390/foods9111518>
- Barzan, G., Sacco, A., Giovannozzi, A. M., Portesi, C., Schiavone, C., Salafranca, J., Wrona, M., Nerín, C., y Rossi, A. M. (2024). Development of innovative antioxidant food packaging systems based on natural extracts from food industry waste and Moringa oleifera leaves. *Food Chemistry*, 432. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137088>
- Bassey, A. P., Chen, Y., Boateng, E. F., Zhang, Y., Diao, X., Nasiru, M., Tang, C., Ye, K., Li, C., y Zhou, G. (2022). Evaluation of physicochemical, microbiological, and sensory profiles of vacuum-packed cooked low-salt pork belly under refrigeration and room-temperature storage. *LWT*, 167. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113847>
- Benítez, M., Zubiarte, P., Socorro-Lerános, A. B., y Matias, I. R. (2023). Lossy mode resonance-based optical immunosensor towards detecting gliadin in aqueous solutions. *Food Control*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109624>
- Brzezińska, R., Górská, A., Wirkowska-Wojdyła, M., y Piasecka, I. (2023). Response Surface Methodology as a Tool for Optimization of Extraction Process of Bioactive Compounds from Spent Coffee Grounds. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(13). <https://doi.org/10.3390/app13137634>
- Carrera-Rivera, A., Ochoa-Agurto, W., Larrinaga, F., y Erle, G. L. (2022). How-to Conduct a Systematic Literature Review: a quick guide for computer science research. *MethodsX*, 9, 101895. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2022.101895>
- Cazón, P., Morales-Sanchez, E., Velazquez, G., y Vázquez, M. (2022). Measurement of the Water Vapor Permeability of Chitosan Films: A Laboratory Experiment on Food Packaging Materials. *Journal of Chemical Education*, 99(6), 2403–2408. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00449>
- Chausali, N., Saxena, J., y Prasad, R. (2022). Recent trends in nanotechnology applications of bio-based packaging. *Journal of Agriculture and Food Research*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100257>
- Dai, Y. (2023). Research on the design of green and low-carbon food packaging based on artificial intelligence technology. *Global Nest Journal*, 25(5), 90–97. <https://doi.org/10.30955/gnj.004705>
- Ede, J. D., Ong, K. J., Muleños, M. R., Pradhan, S., Gibb, M., Sayes, C. M., y Shatkin, J. A. (2021). Physical, chemical, and toxicological characterization of sulfated cellulose nanocrystals for food-related applications using in vivo and in vitro strategies. *Toxicology Research*, 9(6), 808–822. <https://doi.org/10.1093/TOXRES/TFAA082>
- Fan, Y., Xu, Q., Ren, K., Zhai, M., Xing, G., Song, Y., y Zhu, Y. (2024). Research on pH-responsive antibacterial materials using citral-modified zinc oxide nanoparticles. *Food Quality and Safety*, 8. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyae010>

- Gil, M. I. (2022). Innovative and sustainable solutions to reduce postharvest losses. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 8(2–3), 173–183. <https://doi.org/10.1504/IJPTI.2022.121878>
- Gobierno Regional de Huancavelica. (2022). Plan de acción regional de seguridad ciudadana de Huancavelica 2022.
- Iftekhar, A., Cui, X., Hassan, M., y Afzal, W. (2020). Application of Blockchain and Internet of Things to Ensure Tamper-Proof Data Availability for Food Safety. *Journal of Food Quality*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/5385207>
- Izaguirre Torres, D., y Ruiz Santillan, M. P. (2023). La ética en la neurociencia aplicada a alimentos: Un análisis bibliométrico. *Manglar*, 20(2), 185–191. <https://doi.org/10.57188/manglar.2023.021>
- Kaur, H., Siwal, S. S., Chauhan, G., Saini, A. K., Kumari, A., y Thakur, V. K. (2022). Recent advances in electrochemical-based sensors amplified with carbon-based nanomaterials (CNMs) for sensing pharmaceutical and food pollutants. *Chemosphere*, 304. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135182>
- Kumar, I., Rawat, J., Mohd, N., y Husain, S. (2021). Opportunities of Artificial Intelligence and Machine Learning in the Food Industry. *Journal of Food Quality*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/4535567>
- Liu, L., Huang, X., Geng, F., y Huang, Q. (2022). Optimization of preparation process of egg white protein/κ-carrageenan composite film. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(9). <https://doi.org/10.1111/jfpp.16167>
- Lohmann, P. A., Albuquerque, C., y Machado, R. (2023). Systematic Literature Review of Threat Modeling Concepts. *International Conference on Information Systems Security and Privacy*, 163–173. <https://doi.org/10.5220/0011783000003405>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2019). MINAGRI alista reglamento que promueve reducción y prevención de pérdidas y desperdicios de alimentos.
- Ministério Do Meio (2021). Ministério Do Meio Ambiente - Impacto das Embalagens no Meio Ambiente.
- Nájera, A. I., Murua, M., Martínez, O., Albisu, M., y Barron, L. J. R. (2024). A Sustainable Material for Sheep's Cheese Wedges Stored under Different Atmosphere Conditions. *Foods*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/foods13091423>
- Negro, P., y Pons, C. (2022). Artificial Intelligence techniques based on the integration of symbolic logic and deep neural networks: A systematic literature review. *Inteligencia Artificial*, 25(69), 13–41. <https://doi.org/10.4114/intartif.vol25iss69pp13-41>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). 1 300 millones de toneladas de alimentos se pierden cada año.
- Paucarchuco Soto, J., y Vilchez De la Cruz, J. E. (2024). Aplicación alimentaria de la quinua germinada y valorización de sus propiedades nutricionales, biológicas y funcionales: Una revisión sistemática. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 26(2), 105–118. <https://doi.org/10.18271/ria.2024.599>
- Popa, A., Hnatiuc, M., Paun, M., Geman, O., Hemanth, D. J., Dorcea, D., Son, L. H., y Ghita, S. (2019). An intelligent IoT-based food quality monitoring approach using low-cost sensors. *Symmetry*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/sym11030374>

- Ronzoni, M., Accorsi, R., Guidani, B., y Manzini, R. (2022). Economic and environmental optimization of packaging containers choice in Food Catering Supply Chain. *Transportation Research Procedia*, 67, 163–171. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.12.047>
- Rothwell, J. G., Hong, J., Morrison, S. J., Nilesh Vyas, H. K., Xia, B., Mai-Prochnow, A., McConchie, R., Phan-Thien, K.-Y., Cullen, P. J., y Carter, D. A. (2023). An Effective Sanitizer for Fresh Produce Production: In Situ Plasma-Activated Water Treatment Inactivates Pathogenic Bacteria and Maintains the Quality of Cucurbit Fruit. *Microbiology Spectrum*, 11(4). <https://doi.org/10.1128/spectrum.00034-23>
- Sezer, Ö., Başer, D. A., Öztora, S., Çaylan, A., y Dağdeviren, N. (2022). The importance of keywords and references in a scientific manuscript. *Eurasian journal of family medicine*, 11(4), 185-188. <https://doi.org/10.33880/ejfm.2022110401>
- Sharma, S., Sharma, N., y Kaushal, N. (2023). Utilization of novel bacteriocin synthesized silver nanoparticles (AgNPs) for their application in antimicrobial packaging for preservation of tomato fruit. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1072738>
- Song, S. H., Bae, M., y Oh, J. K. (2024). Durable Surface Modification of Low-Density Polyethylene/Nano-Silica Composite Films with Bacterial Antifouling and Liquid-Repelling Properties for Food Hygiene and Safety. *Polymers*, 16(2). <https://doi.org/10.3390/polym16020292>
- Stoma, M., y Dudziak, A. (2022). Eastern Poland Consumer Awareness of Innovative Active and Intelligent Packaging in the Food Industry: Exploratory Studies. *Sustainability (Switzerland)*, 14(20). <https://doi.org/10.3390/su142013691>
- Tkaczewska, J., Jamróz, E., Zajac, M., Guzik, P., Derbew Gedif, H., Turek, K., y Kopeć, M. (2023). Antioxidant edible double-layered film based on waste from soybean production as a vegan active packaging for perishable food products. *Food Chemistry*, 400. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134009>
- Wrona, M., Román, A., Song, X.-C., Nerín, C., Dreolin, N., Goshawk, J., y Asensio, E. (2023). Ultra-high performance liquid chromatography coupled to ion mobility quadrupole time-of-flight mass spectrometry for the identification of non-volatile compounds migrating from ‘natural’ dishes. *Journal of Chromatography A*, 1691. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2023.463836>

Declaración de roles de autores:

- Raquel Veliz: Recursos, conceptualización, redacción, investigación, borrador original.
- Yaser Chávez: Recursos, conceptualización, redacción, investigación, borrador original.
- Christian Larrea: Conceptualización, administración del proyecto, redacción, validación, visualización, metodología.
- Daniel Alvarado: Supervisión, conceptualización; metodología; revisión y edición final.
- David Callirgos: Supervisión, conceptualización; metodología; software; borrador original.

Comportamiento de la producción lechera criolla en la microempresa familiar campesina en Guaranda-Bolívar, Ecuador

Performance of local dairy production in small family farms in Guaranda-Bolívar, Ecuador

 Iván A. Analuisa¹

 Adrián Fierro¹

 Moisés Palma¹

 Aníbal O. Zambrano¹

 María Loor Morán¹

 Ruth Solorzano²

iaanaluisa@espam.edu.ec 

1.- Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Manabí, Ecuador

2.- Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba, Ecuador

Recibido: 23/06/2025

Revisado: 28/07/2025

Aceptado: 06/10/2025

Publicado: 06/01/2026

RESUMEN

La microempresa ganadera lechera en la provincia de Bolívar-Ecuador, brinda oportunidades de desarrollo a los sistemas de producción de pastoreo. El objetivo de la investigación es evaluar la calidad de la leche en vacas criollas y la evaluación del sistema de producción. Se consideró al total de las vacas en producción 106 y los sistemas productivos familiares 6 de la Asociación de productores “La Esperanza”. El trabajo fue descriptivo, no experimental y de observación, realizando toma de muestras de la leche, elaborando fichas de observación posteriormente creando en Excell la base de datos, procesando en *Google Collaboratory* y sus librerías. Los resultados muestran una variedad entre los seis sistemas de producción de las UPAS. Obteniendo valores entre 11 a 15 litros/vaca/día variando por la cantidad de vacas en producción. Los resultados en las pruebas de leche muestran diferencias significativas para el porcentaje de grasa ($p=0,0003$), proteína verdadera ($p=0,0281$), el porcentaje de sólidos no grasos ($p=0,0048$) y el parámetro CET ($p=0,0253$). La variedad distingue a cinco grupos en la escala de Ward a una distancia de 350, para posteriormente observarse una similitud a una distancia menor a los 50. Los sistemas productivos muestran deficiencias tecnológicas.

Palabras clave: Leche, microempresa familiar, pastoreo, producción lechera, vaca criolla.

ABSTRACT

Small dairy farms in the province of Bolívar, Ecuador, provide opportunities for the development of grazing production systems. The objective of the research is to evaluate the quality of milk from Creole cows and the production system. A total of 106 cows in production and six family production systems belonging to the “La Esperanza” producers’ association were considered. The work was descriptive, non-experimental, and observational, involving milk sampling, the creation of observation sheets, and the



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Rev. Investigaciones ULCB. Ene - Jul.13(1), 2026; ISSN: 2409 - 1537;23-38

subsequent creation of a database in Excel, processed in *Google Collaboratory* and its libraries. The results show a variety among the six production systems of the UPAS. Values between 11 and 15 liters/cow/day were obtained, varying according to the number of cows in production. The results of the milk tests show significant differences in the percentage of fat ($p=0.0003$), true protein ($p=0.0281$), the percentage of non-fat solids ($p=0.0048$), and the CET parameter ($p=0.0253$). The variety distinguishes five groups on the Ward scale at a distance of 350, with a similarity subsequently observed at a distance of less than 50. The production systems show technological deficiencies.

Keywords: Milk, family microenterprise, grazing, milk production, creole cow.

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, el sector agropecuario tiene gran importancia para la economía, ya que es la principal fuente de empleo en el país, actualmente representa el 29,4 % de la población económicamente activa. La participación de este sector frente al PIB la ha convertido en uno de los principales pilares de la economía nacional (Chuncho *et al.*, 2021). Según datos del Centro de la Industria Láctea (CIL), la producción nacional de leche alcanzó los 5,7 millones de litros diarios en 2023, de los cuales, el 51,8 % corresponde a la industria formal. Las principales provincias productoras son Pichincha, Santo Domingo, Cotopaxi, Manabí y Carchi, que en conjunto representan más del 60 % de la producción total, como se muestra en la Figura 1. La producción lechera en Ecuador se realiza principalmente en pequeñas y medianas unidades productivas. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), en 2023, el 16 % de las Unidades de Producción Agropecuaria (UPAs) dedicadas a la producción de leche eran pequeñas, el 21 % medianas, el 9 % grandes y el 55 % muy grandes.

La agricultura familiar representa el 84,5 % de las UPAs con una concentración de 20 % de la tierra, cuenta con 37 % del agua para riego y se dedica principalmente a la producción para la satisfacción de

las necesidades básicas (FAO, 2024). Estos productores, enfrentan desafíos como la falta de tecnificación, el acceso limitado a crédito y la volatilidad de los precios, lo que afecta su rentabilidad y sostenibilidad. El sistema de producción sigue siendo mayoritariamente de pastoreo tipo extensivo, tradicional, que no tiene como estrategia el mejoramiento permanente del paquete tecnológico como base para incrementar la productividad de los factores y lograr un incremento de la producción total. El 78 % de unidades productivas pequeñas con ganado vacuno no utiliza sobrealimento. De acuerdo con datos de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC, 2018); el 83 % de las unidades productivas con ganado vacuno son pequeñas, de hasta 20 hectáreas, mientras que apenas el 6 % son consideradas grandes con más de 50 hectáreas. Las pequeñas explotaciones contribuyen a su vez con el 50 % de la producción de leche, mientras que los grandes aportan el 31 %. La producción de leche está concentrada en una estructura de producción de muchas fincas de pequeños y medianos productores.

La provincia Bolívar cuenta con 26 703 UPAs, posee 196 524 ejemplares bovinos, de ellos 154 732 son criollos, 40 970 mestizos y 386 son pura sangre y un total

de 53 111 vacas de ordeño, para una producción total de 270 139 litros (Sánchez, 2016). Las UPAs en el sector de Paltabamba, constituyen pequeñas unidades de producción, caracterizados por un conjunto de terrenos, infraestructura, maquinaria, equipos y animales utilizados en la producción agropecuaria. Las familias realizan prácticas agropecuarias de explotación lechera, incluyendo manejo y alimentación de ganado lechero, donde predominan en ciertos casos razas como la Holstein, Brown Swiss, Jersey y una mezcla de ellas, llamadas comúnmente vacas criollas.

Actualmente, existe una carencia de estudios actualizados que diagnostiquen la situación real de los sistemas de producción bovina en la provincia de Bolívar. Esta falta de información dificulta la identificación de los desafíos y oportunidades que enfrentan los productores, así como la implementación de estrategias efectivas para mejorar la eficiencia y la calidad de la producción lechera. Además, son escasas las publicaciones que aborden aspectos fundamentales como la calidad de los suelos y la calidad de los pastos utilizados en la alimentación del ganado, factores que tienen un impacto directo en la salud y productividad de los animales, así como en la calidad de la leche obtenida. Por ello es necesario evaluar la calidad y composición de la leche de vacas criollas en diferentes sistemas de producción.

La producción mundial de leche de vaca ha aumentado constantemente durante los últimos años, el principal productor de leche de vaca en el mundo fue la Unión Europea (UE), en el año 2023, en ese año los 27 países que conforman la UE produjeron más de 143 millones de toneladas métricas de vaca, seguido de Estados Unidos el cual

ocupa el segundo lugar con un volumen producido de alrededor de 104 millones de toneladas métricas. Seguidos de China e India ocupan el tercer y cuarto lugar con 99,5 y 40,9 millones de toneladas métricas, por otra parte para la región de Sudamérica Brasil destaca con 24,5 , seguido de México y Argentina con 13,25 y 12 millones de toneladas métricas respectivamente (Shahbandeh, 2023).

De acuerdo con los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), la producción de leche a nivel nacional en el año 2023 fue de 5,5 millones de litros, destacando la región sierra con 4,3 millones de litros que representa el 77,7 % de la producción total como se muestra en la Figura 1, seguido de la región Costa con el 18,3 % y la Amazonia con el 4,0 %. En relación al promedio de litros de leche de vaca producida, la región sierra sobresale con un rendimiento de 7,7 litros/vaca, debido a la gran cantidad de ganado lechero y los pastos, la Amazonia ocupa el segundo lugar con 5,5 litros/vaca y la Costa el tercer lugar con 4,3 litros/vaca (Ipiales y Cuichàn, 2023).

En la provincia Bolívar sus grandes áreas de pastizales permiten que tenga una gran extensión para la ganadería, aunque en esta región son aún bajos los niveles productivos (Garcés, 2020). La producción de leche en el año 2019 obtuvo un incremento significativo de 200 832 litros, con relación al rendimiento promedio de leche por vaca a nivel de país, se ha tenido un incremento de 4,39 litros, sin embargo, se ha evidenciado que aún existe muy poca inversión para el fortalecimiento del sector lechero de acuerdo con las cifras proporcionadas por la ESPAC (Centro de la Industria Láctea (CIL), 2019).

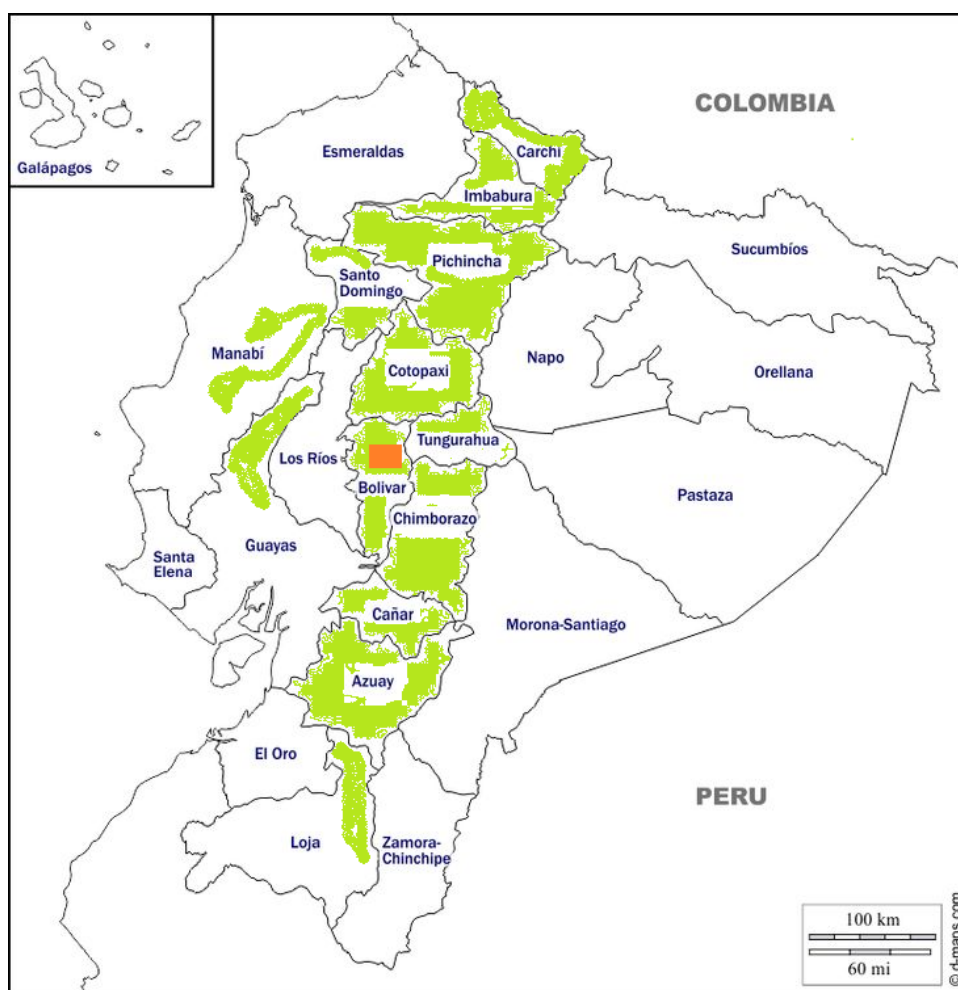


Figura 1: Principales zonas lecheras en el Ecuador. Localización del estudio.

La calidad de la leche es un aspecto fundamental a tener en cuenta dentro de la industria láctea, la calidad de la leche se ve influenciado por diversos factores como, la mastitis, la reproducción, la alimentación y el recuento de células somáticas. Estudios demuestran y resaltan la importancia de hacer énfasis para controlar la calidad de la leche debido a su alta susceptibilidad a microorganismos patógenos (Sommer y Richter, 2022). Es así como la leche de alta calidad se define como un alimento que tiene sabor agradable, sin olores, posee una adecuada composición química, libre de agentes patógenos y contaminantes que

puedan afectar la calidad (Contero *et al.*, 2021 y Salazar y Cochet, 2016).

Armas, (2017), manifiesta que la calidad de la leche puede considerarse de dos aspectos esenciales que no son independientes, la calidad química que está formada por composición, características sensoriales, su valor nutritivo y la calidad higiénica de la leche asociada a la cantidad y tipo de microorganismo, alcanzar los niveles óptimos de calidad de la leche, que garanticen su inocuidad, es un reto para los productores y comercializadores, esto se debe a los numerosos riesgos a los que se expone, desde su creación hasta su llega-

da a los consumidores, así como a factores económicos que limitan la disponibilidad de equipamiento eficiente (Valdivia-Ávila *et al.*, 2020).

La leche cruda de vaca puede estar contaminada por microorganismos originarios de la misma ubre, por patógenos zoonóticos desprendidos de los animales infectados o por otros microorganismos presentes en el ambiente (van de Langerijt *et al.*, 2022), estos organismos ambientales podrían ser transferidos a la leche a través de la mala higiene, el enfriamiento inadecuado de la leche durante el transporte también es otro aspecto que puede influir en la calidad al aumentar la tasa de crecimiento bacteriano antes de que la leche llegue a los centros de recolección de leche (Ndahetuye *et al.*, 2020).

La calidad microbiológica de la leche es fundamental para garantizar la seguridad del alimento y su valor nutricional, algunos estudios han demostrado que la leche puede estar contaminada con la presencia de diversos microorganismos, comprendidas bacterias comunes como, estafilococos, estreptococo y corynebacterium (Larionov *et al.*, 2022). Los factores que inciden en la contaminación microbiana de la leche incluyen desde la limpieza del equipo, instalaciones para el ordeño, las prácticas de ordeño y el lavado de manos. Estudios han puesto de realce la importancia de cumplir con las normas higiénicas y veterinarias con la finalidad de evitar un alto grado de contaminación microbiana de la leche (Afreen *et al.*, 2022), además hay que tener en cuenta que la calidad microbiológica de la leche puede variar según la estación, las prácticas de ordeño y manejo de las vacas y los protocolos de higiene durante el procesamiento de la leche, lo cual

incide en la calidad del producto final (Paludetti *et al.*, 2019).

El recuento de células somáticas, es un parámetro importante en la industria de la leche, debido a que esta refleja el estado de salud del animal, además de la calidad y seguridad de la ubre, un nivel alto de células somáticas presentes en la leche indica mastitis subclínica, lo que afecta a la composición de la leche y por ende a la calidad de la leche (Darbaz *et al.*, 2023). En el recuento de SCC influyen diversos factores como la especie animal, el estado de lactancia, factores individuales, ambientales y el manejo del bovino, la mastitis puede afectar a un solo cuarto de la ubre o a varios de ellos, además la función inmunitaria de la ubre, las células somáticas proporcionan numerosas enzimas endógenas (Hossain *et al.*, 2021; Jurado-Gámez *et al.*, 2020 y Riveros-Galán y Obando-Chaves, 2021).

Los residuos de antibióticos presentes en la leche tienen un impacto significativo en su calidad y representan riesgos para la salud de los consumidores, estudios realizados han demostrado que los residuos de antibióticos, en especial los betalactámicos y las tetraciclinas, suelen estar presentes en las muestras de leche (Khatib *et al.*, 2023). En muchos países el uso de antibióticos para tratar infecciones de la ubre de las vacas, constituye un componente clave del control de mastitis, debido al uso generalizado de antibióticos para el tratamiento de mastitis en vacas lecheras (Kebede *et al.*, 2014).

La leche de buena calidad no debe contener sustancias nocivas o tóxicas como los medicamentos antimicrobianos. que alteren sus características, en la mayoría de las lecherías convencionales, las vacas son tratadas normalmente con antibióticos

como medida preventiva. Se han empleado métodos de detección como BetaStar Combo y LC-MS/MS para identificar trazas de antibióticos en la leche (Layada *et al.*, 2023), lo que pone de manifiesto la necesidad de aplicar medidas rigurosas de control. Cuando la leche no es inocua se genera una disminución del valor nutricional debido a la alteración en su composición (Puga-Torres *et al.*, 2024), lo cual genera un aumento del riesgo microbiológico por contaminación y esto puede deberse a la presencia de residuos de antibióticos por el uso inadecuado de antibióticos (Chacón, 2017; Maheswari *et al.*, 2023; Roca, 2020 y Sugrue *et al.*, 2019).

El test de acidez de la leche de vaca es crucial para evaluar la calidad del líquido, esta prueba mide la cantidad de ácido láctico presente en la leche, el cual muestra el grado de fermentación y deterioro de esta, la acidez normal de la leche de vaca oscila entre 0,13 y 0,17 % de grado Dornic, se determina mediante la titulación de la leche con el uso de una solución alcalina estándar, empleando fenolftaleína como indicador (Gemechu, 2016). La prueba de acidez se realizó a través de la titulación de una muestra de leche con una solución de hidróxido de Sodio, es así como la acidez de la leche permite estimar el grado de deterioro que han generado los microorganismos lácticos en la leche, asociándolo con el cuidado, higiene y conservación que se ha tenido, está se comprueba mediante la titulación de una muestra de leche (Babege *et al.*, 2020).

Por lo general la leche posee una reacción iónica cerca a la neutralidad que varía entre 6,6 y 6,8 debido a la presencia de caseína y fosfatos, el pH es un indicador importante de la calidad y frescura. Mantener un pH estable es fundamental para

evitar y prevenir el crecimiento bacteriano, a su vez detener el deterioro de la calidad láctea, cualquier desviación o anomalía del pH normal de la leche facilita el desarrollo de microorganismos indeseables, dando como resultado la rápida descomposición de los componentes de la leche (El-Araby *et al.*, 2020).

La densidad de la leche de bovinos esta influenciada por diversos factores como la temperatura, los grupos genéticos, la densidad de población y los componentes de la dieta, los cuales tienen como propósitos la evaluación de las propiedades composicionales y físico químicas y las condiciones de procesamiento (Parmar *et al.*, 2021). La densidad oscila entre 1,027 y 1,035 g/cm³ a una temperatura de 25 °C, está directamente relacionada con la cantidad de grasa, sólidos no grasos y agua contenida en la leche, al realizar un análisis de densidad, se debe tomar una muestra fresca y mezclar suavemente sin que haya incorporación de aire (Anwer *et al.*, 2018; Demera, 2021; De Silva *et al.*, 2016 y Montero-Prado *et al.*, 2021).

El contenido de sólidos totales en la leche es un indicador fundamental de su calidad y contenido nutricional, la leche que posee un alto contenido de sólidos totales es apetecida para la producción de productos lácteos (Saberri *et al.*, 2020). Los sólidos totales de la leche incluyen grasas, proteínas, lactosa y minerales, el contenido de sólidos totales de la leche se determina generalmente a través del método de secado en horno, el cual implica la evaporación del agua de una cantidad conocida de leche y el pesaje de la muestra seca residual (Hegazi *et al.*, 2021). El contenido de sólidos totales en la leche varía generalmente entre el 12 % y 14 %, existen varios factores que afectan el contenido de sólidos totales en

la leche, como la raza del animal, la etapa de lactancia, la alimentación, la salud del bovino y las condiciones ambientales, Factores que influyen en la calidad de la leche (Hwang y Ha, 2021 y Pugajeva *et al.*, 2018).

Estudios realizados demuestran que el analizador Lacto Scan posee una alta precisión y exactitud en comparación con los métodos de referencia para el análisis de la composición de la leche, su ventaja radica en su rapidez y facilidad de manejo, además este requiere un volumen de muestra pequeña para su análisis y no emplea reactivos químicos, lo cual lo convierte en un método adecuado para su uso (Alam *et al.*, 2018 y Vallejo, 2022).

En el mundo existen diversas razas de ganado lechero lo cual representa diferencias importantes en la composición y calidad de la leche, especialmente el contenido de grasa es el más variable, por otra parte, los minerales, proteínas y la lactosa son menos variables (Fernández y Tarazona, 2015). Estas variaciones se reflejan en los porcentajes de grasa y proteína entre razas siendo la leche de la raza Jersey (4,64 y 3,74) alta en grasa y proteína respectivamente, en relación a la raza Holstein (3,64 y 3,16), Brown swiss (3,98 y 3,16) y similares comparado al contenido de animales criollos (3,63 y 3,07) (Terán, 2014 y Zevallos, 2021).

El inadecuado manejo higiénico del animal durante el ordeño ya sea manual o mecánico, incluyendo la limpieza de los pezones, manos y la exposición de leche a contaminantes como heces, acrecientan la posibilidad del desarrollo de coliformes en la leche, lo cual es un grave problema para la inocuidad. Además, al no sacar la última leche de la ubre de la vaca, se tiende a perder la leche con mayor cantidad de grasa,

se estima mencionan que la primera leche extraída puede contener tan solo el 1% de grasa mientras que la última puede contener de 8 % al 15 % (Aguilar y Álvarez, 2019; Hnini *et al.*, 2018 y Zevallos, 2021).

Un sistema de producción agropecuaria, por su parte, se define como el conglomerado de sistemas de fincas individuales, que en su conjunto presentan una base de recursos, patrones empresariales, sistemas de subsistencia y limitaciones familiares similares; y para los cuales serían apropiadas estrategias de desarrollo e intervenciones también similares. Dependiendo del alcance del análisis, un sistema de producción agropecuaria puede englobar, ya sea unas cuantas docenas o millones de hogares agropecuarios. En Ecuador el 25 % de la población local que reside en áreas rurales está vinculada a la actividad agropecuaria (Requelme y Bonifaz, 2012). Este sistema de producción lo realiza el núcleo familiar (mujeres, adultos mayores y niños), para la mayoría de los productores del área este sistema representa el 58 % de la totalidad de sus ingresos económicos, concentra extensiones con una superficie aproximada de 0,1 hectáreas (Herrera-Haro, 2018).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio

El estudio se realizó en la comunidad de Paltabamba, sector las Cochas en el cantón Guaranda de la provincia Bolívar en Ecuador. A una altitud de 2.668 m.s.n.m con una temperatura que varía entre 14 a 20 °C y una precipitación media anual de 1000 mm y con un relieve irregular con clima templado y frío.

La toma de muestras se caracterizó la calidad de leche, se identificó el sistema de producción en la zona de estudio. La in-

formación se recolectó mediante la toma de muestras de cada una para su posterior análisis físico, químico y microbiológico. Posteriormente, se elaboró una base de datos con las variables que representan la dimensión de las explotaciones y la productividad de las mismas, aspecto que permitió conocer la calidad de la leche, y relacionar con el sistema de producción.

El estudio se enmarca en un tipo descriptivo, no experimental y de campo. Describiendo las características de la Unidad Productiva Agropecuaria (UPA) en su totalidad. Se utilizó el programa Excel para la base de datos y en Google Collaboraty con sus respectivas librerías para el dendrograma y análisis descriptivo.

Tabla 1.

Análisis de leche cruda: requisitos acordes a la Norma INEN 9:2012 Quinta versión

REQUISITOS	UNIDAD	MIN.	MAX	MÉTODO DE ENSAYO
Densidad relativa a 15 °C	-	1,029	1,033	NTE INEN 11
Densidad relativa a 20 °C	-	1,028	1,032	NTE INEN 11
Materia grasa	% (fracción de masa)	3	-	NTE INEN 12
Acidez titulable como ácido láctico	% (fracción de masa)	0,13	0,17	NTE INEN 13
Sólidos totales	% (fracción de masa)	11,2	-	NTE INEN 14
Sólidos no grasos	% (fracción de masa)	8,2	-	NTE INEN 14
Cenizas	% (fracción de masa)	0,65	-	NTE INEN 14
Punto de congelación (punto crioscópico)	°C	-0,536	-0,512	NTE INEN 15
Punto de congelación (punto crioscópico)	°H	-0,555	-0,53	NTE INEN 15
Proteínas	% (fracción de masa)	2,9	-	NTE INEN 16
Ensayo de reductasa (azul de metileno)	h	3	-	NTE INEN 18
Reacción de estabilidad proteica (prueba de alcohol)	-	Para leche destinada a pasteurización: No se coagulará por adición de un volumen igual de alcohol neutro de 68 % en peso o 75 % en volumen; y para la leche destinada a ultrapasteurización: No se coagulará por la adición de un volumen igual de alcohol neutro de 71 % en peso o 78 % en volumen		NTE INEN 1500
Presencia de conservantes	-	Negativo	-	NTE INEN 1500
Presencia de neutralizantes	-	Negativo	-	NTE INEN 1500
Presencia de adulterantes	-	Negativo	-	NTE INEN 1500
Grasa vegetal	-	Negativo	-	NTE INEN 1500
Suero de leche	-	Negativo	-	NTE INEN 2401
Prueba de Brucelosis	-	Negativo	-	Prueba de anillo PAL (Ring Test)
Residuos de medicamentos veterinarios	µg/l	-	MRL, establecidos en el CODEX Alimentarius CAC/MRL 2.	Los establecidos en el compendio de métodos de análisis identificados como idóneos para respaldar los LMR del codex.

Se aplicó la metodología de acuerdo con el parámetro a ser medido; los cuales se realizaron en cada UPA de los diferentes socios; las muestras se recolectaron de cada animal, para luego ser trasladados a un centro de almacenamiento, donde fueron sometidas a congelación a -5°C , para luego ser enviada al laboratorio de la Universidad Central de Ecuador. Los parámetros de calidad físico, químico y biológico

se midieron de acuerdo a la metodología y equipos específicos para cada parámetro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base a la observación realizada e información recolectada, los resultados obtenidos, se determinaron 6 Sistemas de Producción, con características específicas como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2.

Caracterización de los sistemas productivos (SP) lecheros

Criterio	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4	SP 5	SP 6
Superficie de la UPA (ha)	5	8	18	7	11	10
Carga animal (UA/ha)	4	4	4	4	4	4
Unidades animales	14	20	43	19	24	15
Peso de incorporación de novillas al servicio (kg)	240	230	200	230	235	250
Edad de incorporación de novillas al servicio (meses)	16	16	14	15	16	15
Nro. De vacas en ordeño/día	10	15	38	14	17	12
Litros de leche/finca (día)	110	195	570	196	255	156
Litros/vaca/día	11	13	15	14	15	13
Producción por lactancia (kg)	2350	2410	2385	2458	2360	2480

La superficie de las UPAs presenta una variación significativa entre los diferentes sistemas de producción (SP). El SP1 cuenta con la menor superficie, de tan solo 5 hectáreas, mientras que el SP3 tiene la mayor extensión, con 18 hectáreas. Estas diferencias en el tamaño de las UPA pueden influir en la capacidad de los productores para implementar economías de escala y adoptar tecnologías más eficientes.

El peso de incorporación de las novillas al primer servicio es otro factor que presenta variaciones entre los sistemas de producción. El SP3 tiene el menor peso de incorporación, con 200 kg, mientras que el

SP6 presenta el mayor peso, con 250 kg. Estas diferencias pueden reflejar distintos objetivos de producción y estrategias de manejo reproductivo. En cuanto a la edad de incorporación de las novillas al servicio, todos los sistemas presentan valores similares, que varían entre los 14 y los 16 meses, lo que sugiere prácticas de manejo reproductivo relativamente homogéneas en este aspecto.

Los pastos observados en la alimentación del ganado lechero fueron principalmente: Pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), Pasto Azul (*Dactylis glomerata* L), Pasto Ryegrass (*Lolium perenne*). Los sis-

temas productivos de ganado lechero, presentaron variaciones en la composición y calidad de la leche, debido a factores como la alimentación, el manejo del ganado, las condiciones ambientales y las prácticas de ordeño. Comprender cómo los diferentes

sistemas productivos impactan en la calidad de la leche es importante para poder conocer la situación real de las diferentes unidades productivas. Se da a conocer los principales resultados de la calidad de la leche.

Tabla 3.

Resultados del análisis de la calidad de la leche producida en los seis sistemas productivos participantes en el estudio

Sistemas de producción	% G	% PC	% PV	% ST	% SNG	% LAC	CET	CCS/mL
							(mmol BHB/L)	
1	3,07	3,42	3,12	11,84	8,31	4,20	0,19	120,70
2	3,32	3,12	2,93	10,51	8,28	4,22	0,23	156,13
3	3,40	3,22	3,22	11,26	8,29	4,24	0,19	209,31
4	3,78	3,24	3,31	11,33	8,43	4,33	0,17	119,54
5	3,45	3,28	3,39	10,90	7,81	3,55	0,55	159,06
6	3,35	3,20	3,17	10,37	8,43	4,45	0,16	85,00
Valor F	2,310	2,310	2,310	2,310	2,310	2,310	2,310	2,310
Razón F	5,190	0,840	2,670	1,380	3,610	6,640	2,690	2,530
p-value	0,0003	0,5244	0,0261	0,2387	0,0048	0,0000	0,0253	0,0337

Observando los datos de la Tabla 3, se pueden destacar las siguientes características: un p-value menor que el nivel de significancia elegido (comúnmente 0,05) indica que las diferencias entre los sistemas de producción son estadísticamente significativas para ese parámetro en particular. En este caso, se observan diferencias significativas para el porcentaje de grasa ($p=0,0003$), proteína verdadera ($p=0,0281$), el porcentaje de sólidos no grasos ($p=0,0048$) y el parámetro CET ($p=0,0253$). Es necesario mencionar que los parámetros o criterios de calidad de la leche, son influenciados por diferentes factores como la alimentación, genética, raza del animal, período de lactancia, época del año, frecuencia y momento del ordeño (Barbano *et al.*, 2006; Belage *et al.*, 2017 y Pereira, 2014).

A continuación, se presenta el dendrograma Figura 2, de los componentes de estudio por los ejemplares. Se forman dos agrupaciones referenciales a partir de la distancia por el método Ward, desde los 1 300. Posteriormente a una distancia de 350 se diferencian cinco subgrupos, y a partir de estos las características más homogéneas son similares a una distancia de 20.

Una larga proporción de la superficie de la tierra está cubierta por pastizales (Wieganda, 2018). El estudio de los pastos es de interés, para su comprensión ecológica, con la finalidad de derivar estrategias idóneas de gestión de pastos que maximicen el forraje para los animales y minimicen el riesgo de degradación. La determinación del tipo de pasto se lo realizó mediante visitas in situ, se lo identificó mediante el

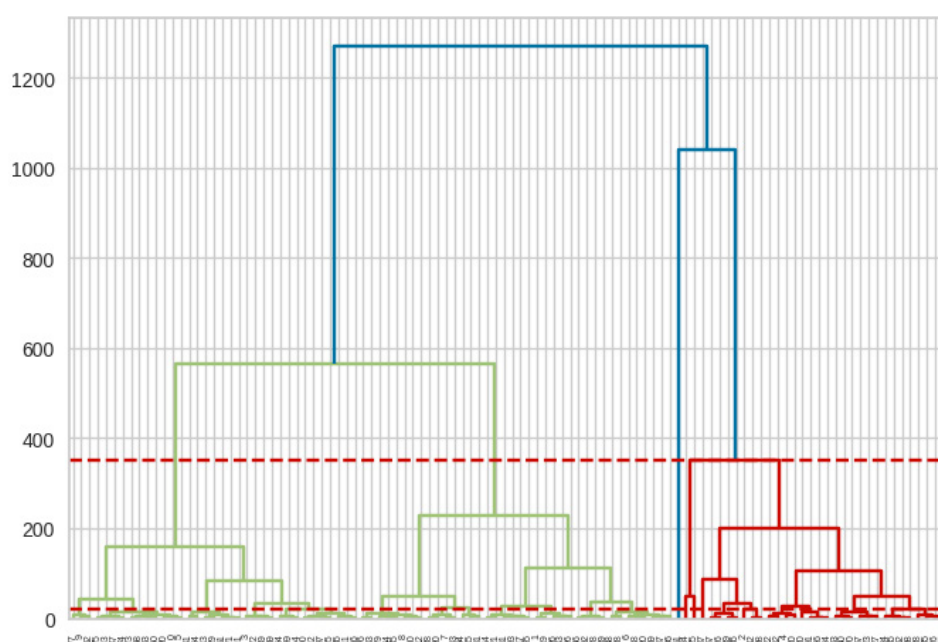


Figura 2: Dendrograma de las características de los individuos en estudio

reconocimiento de características que presentan los pastos del sector de estudio.

Proaño, (2018) mencionó que en cuanto al valor de la digestibilidad de la proteína (ST), se observa que el sistema B tiene el valor más alto con un 85 %, mientras que el sistema A tiene un valor del 75 %. Esto indica que el sistema B tiene una mayor capacidad para digerir la proteína presente en la dieta, lo que puede tener implicaciones positivas en la calidad del producto final, como un mejor aprovechamiento de los nutrientes y un potencial aumento en la tasa de crecimiento de los animales (Proaño, 2019).

CONCLUSIONES

La leche producida en los diferentes sistemas productivos por los microempresarios familiares de la Asociación de Productores de Leche La Esperanza es de

alta calidad, con un buen perfil nutricional y sanitario, lo que la hace adecuada tanto para el consumo directo como para la elaboración de diversos productos lácteos.

La gestión de la salud y alimentación del ganado parece ser efectiva, como lo demuestra la calidad de la leche producida. Existe una relación directa entre los sistemas de producción y la calidad de la leche.

Los sistemas de producción enfatizan el bienestar animal, lo que contribuye a mejorar significativamente los parámetros de calidad de la leche, como su contenido de grasa, proteínas y lactosa, sino también a reducir la incidencia de enfermedades en el ganado, reflejado en menores recuentos de células somáticas. Se resalta la relación directa entre métodos de producción y la mejora de la calidad de la leche.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afreen, N., Ashraf, M., y Khan, M. M. (2022). Factors influencing microbial contamination of milk and the importance of hygiene practices. *Journal of Dairy Science*, 105(3), 1234-1247. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20830>
- Aguilar, G., y Alvarez, C. (2019). Impact of subclinical mastitis on milk composition and yield. *Journal of Dairy Science*, 102(6), 5678-5687. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-1632>
- Alam, M. A., Rahman, M. M., y Hoque, M. S. (2018). Evaluation of Lacto Scan analyzer: Precision, accuracy, and advantages over traditional methods for milk composition analysis. *Journal of Dairy Science*, 101(11), 10235-10245. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15528>
- Anwer, M., Khan, M., y Saleem, M. (2018). Methylene blue reduction test (MBRT) for assessing milk quality: Principle and application. *Journal of Dairy Science*, 101(9), 7924-7932. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14502>
- Armas, A. (2017). Quality of milk: Chemical and hygienic aspects. *Journal of Dairy Science*, 100(7), 5667-5678. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12615>
- Belage, E., Dufour, S., Bauman, C., Jones-Bitton, A., y Kelton, D. (2017). The Canadian National Dairy Study 2015—Adoption of milking practices in Canadian dairy herds. *Journal of dairy science* 100100.5, 3839-3849. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12187>
- Babege, K., Kaur, P., y Kumar, A. (2020). Determination of milk acidity and its correlation with microbial quality. *International Dairy Journal*, 108, 104691. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104691>
- Barbano, D., Ma, Y., y Veiga dos Santos, M. (2006). Influence of raw milk quality on fluid milk shelf life. *Journal of dairy science*, 89, E15-E19. Online:<https://bit.ly/2LZb-YvN>. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72360-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72360-8)
- Centro de la Industria Láctea (CIL). (2019). Informe sobre la evolución de la industria lechera en Ecuador. Centro de la Industria Láctea. <https://www.cil-ecuador.org/>
- Centro de la Industria Láctea (CIL). (2024). Informe sobre la evolución de la industria lechera en Ecuador. Centro de la Industria Láctea. <https://www.cil-ecuador.org/>
- Chacón, J. (2017). Nutritional significance of milk in human diet: Vitamins A and D. *Journal of Dairy Nutrition*, 25(4), 567-573. <https://doi.org/10.1016/j.jdn.2017.05.004>
- Chuncho, L., Uriguen, P., y Apolo, N. (2021). Ecuador. Análisis económico del desarrollo del sector agropecuario e industrial en el periodo 2000 – 2018. *Revista científica y tecnológica UPSE*. 8 (1), 08-17. <https://doi.org/10.26423/rctu>
- Contero, S., Rodríguez, M., y Fernández, J. (2021). Defining high-quality milk: Sensory and chemical attributes. *Dairy Quality Journal*, 38(2), 112-125. <https://doi.org/10.1016/j.dqj.2021.05.003>

- Darbaz, S., Zare, S., y Madani, T. (2023). The impact of somatic cell count on milk quality and udder health. *Journal of Dairy Science*, 106(5), 4081-4093. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-00123>
- Demera, G. (2021). Density and compositional analysis of bovine milk: Factors and methods. *International Journal of Dairy Science*, 16(4), 456-467. <https://doi.org/10.1016/j.ijds.2021.04.002>
- De Silva, S., Jeyaraj, M., y Rajendran, V. (2016). Evaluation of milk quality using the methylene blue reduction test (MBRT): Indicators of microbial contamination. *International Journal of Dairy Technology*, 69(3), 487-495. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12267>
- El-Araby, M., Mahmoud, M., y Ibrahim, M. (2020). The role of pH in milk quality and its impact on bacterial growth. *Journal of Dairy Science*, 103(6), 4567-4575. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17452>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2024). FAO en Ecuador. Ecuador una mirada. <https://www.fao.org/ecuador/fao-en-ecuador/ecuador-en-una-mirada/es/>
- Fernández, J., Martínez, R., y Pérez, L. (2015). Nutritional components and health benefits of cow's milk. *Journal of Dairy Science*, 98(12), 872-884. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-0987>
- Fernández, M., y Tarazona, J. (2015). Divergences in milk composition and quality among dairy cattle breeds: Variability in fat, minerals, proteins, and lactose content. *Journal of Dairy Science*, 98(11), 7542-7552. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9771>
- Gemechu, F. (2016). Evaluation of milk quality using acidity test and its impact on dairy product processing. *Journal of Dairy Science*, 99(5), 3014-3022. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10229>
- Gonzales, A. (2015). Características sensoriales y frescura de la leche: Un análisis de sus propiedades físicas y organolépticas. *Revista de Estudios Lácteos*, 8(4), 65-72. <https://doi.org/10.5678/rele.2015.065>
- González, S. S. (2017) Caracterización Faneróptica De La Población Bovina Criolla En La Parroquia Nuevo Paraíso, Del Cantón Nangaritza, Provincia De Zamora Chinchipe. Universidad Nacional De Loja, Loja -Ecuador.
- Hegazi, N. A., El-Sayed, M. K., y El-Hadidy, M. A. (2021). Determination of total solids in milk: Oven-drying method for accurate measurement. *Food Chemistry*, 347, 129078. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129078>
- Herrera-Haro, A. (2018). Análisis económico del sistema de producción agropecuaria en áreas rurales. *Revista de Agricultura y Economía Rural*, 22(3), 87-101. <https://doi.org/10.5678/raer.2018.003>

- Hossain, M. I., Khan, M. N. I., y Mollah, M. F. A. (2021). Somatic cell count and its impact on milk quality: Understanding the cellular composition. *Dairy Science y Technology*, 101(4), 579-592. <https://doi.org/10.1007/s13594-021-00581-1>
- Hnini, M., Amine, D., y Hachimi, A. (2018). Morphological and physiological changes in the mammary gland during lactation and their impact on milk production and composition. *Journal of Dairy Science*, 101(11), 10427-10437. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14910>
- Hwang, H. S., y Ha, K. S. (2021). Rapid and accurate analysis of milk components: Evaluation of fat, non-fat solids, proteins, lactose, temperature, freezing point, salts, and total solids. *Food Analytical Methods*, 14(8), 1234-1242. <https://doi.org/10.1007/s11483-021-01692-0>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC (2022). Boletín técnico. Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua (ESPAC). https://www.ecuadoren-cifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2022/Bolet%C3%ADn_tecnico_ESPAC_2022.pdf
- Ipiates, M., y Cuichán, F. (2023). Producción de leche a nivel nacional en Ecuador: Datos de 2023. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). <https://www.ecuador.gov/inec/leche2023>
- Jurado-Gámez, B., Gil-Rodríguez, M., y González-Félix, M. (2020). Influence of somatic cells on the composition and technological properties of dairy products. *Journal of Dairy Research*, 87(3), 267-274. <https://doi.org/10.1017/S0022029919000930>
- Kebede, M., Tekle, T., y Ashenafi, M. (2014). Antibiotic use in mastitis treatment and its impact on milk quality: A review. *International Journal of Dairy Science*, 9(3), 245-258. <https://doi.org/10.3923/ijds.2014.245.258>
- Khatib, S., Wilson, M., y Ali, M. (2023). Impact of antibiotic residues on milk quality and consumer health risks. *Journal of Dairy Science*, 106(4), 1234-1245. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-01456>
- Larionov, A. S., Ivanov, A. V., y Petrov, M. A. (2022). Microbiological quality of milk: Contamination with common bacteria. *Food Control*, 127, 108123. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108123>
- Layada, M. M., El-Gendy, H. M., y El-Sayed, M. F. (2023). Detection of antimicrobial residues in milk using BetaStar Combo and LC-MS/MS methods. *Journal of Dairy Science*, 106(5), 1234-1245. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-1234>
- López, J., García, M., y Martínez, P. (2022). La leche como alimento nutritivo y su importancia en la alimentación: Un análisis de su valor nutritivo y digestibilidad. *Revista de Ciencia y Tecnología Láctea*, 12(3), 45-56. <https://doi.org/10.1234/rctl.2022.456>
- Maheswari, P., Sharma, R., y Singh, S. (2023). Evaluación de la estabilidad térmica de la leche mediante la prueba de etanol. *Journal of Dairy Science and Technology*, 54(4), 567-576. <https://doi.org/10.1016/j.jdairy.2023.01.003>

- Montero-Prado, P., López-Salinas, E., y García-Bonilla, A. (2021). Correlation between milk density and chemical composition: A rapid and non-destructive estimation tool. *Journal of Dairy Research*, 88(2), 145-155. <https://doi.org/10.1017/S0022029921000157>
- Ndahetuye, J., Fekadu, B., y Markos, M. (2020). Microbial contamination and quality control of raw milk during transportation. *Journal of Dairy Science*, 103(4), 3200-3208. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17737>
- Paludetti, F., Silva, L., y Lima, P. (2019). Variations in milk microbiological quality related to season, milking practices, and hygiene protocols. *International Dairy Journal*, 92, 15-24. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.10.001>
- Parmar, R., Singh, R., y Kumar, S. (2021). Factors influencing milk density in bovines: Evaluation of compositional properties and processing conditions. *Journal of Dairy Science and Technology*, 19(3), 123-134. <https://doi.org/10.1016/j.jdst.2021.03.001>
- Puga-Torres, M., Fernández-García, C., y Rivera-Sánchez, D. (2024). Impact of contamination on the nutritional value of milk and the need for stringent control measures. *Journal of Dairy Science*, 107(3), 567-578. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-567>
- Pugajeva, I., Gusarova, A., y Karklina, D. (2018). Factors influencing total solids content in milk: Effects of breed, lactation stage, nutrition, health, and environmental conditions. *Journal of Dairy Research*, 85(4), 456-464. <https://doi.org/10.1017/S0022029918000520>
- Requelme, A., y Bonifaz, J. (2012). La actividad agropecuaria en las áreas rurales de Ecuador. *Revista de Desarrollo Rural*, 15(1), 45-58. <https://doi.org/10.1234/rdr.2012.001>
- Riveros-Galán, D., y Obando-Chaves, A. (2021). Influence of somatic cell count on udder health and milk quality: Factors affecting SCC and its impact. *Dairy Science y Technology*, 101(2), 297-312. <https://doi.org/10.1007/s13594-021-00545-0>
- Roca, M. (2020). Composition and variability of milk fat: Emulsion system and impact on dairy products. *Journal of Dairy Science*, 103(7), 7854-7863. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-00123>
- Sánchez, (2016). Situación de la producción lechera en Bolívar. Parroquia Salinas, Guaranda. *International Journal of Applied Science and Technology*. 6(1), https://www.ijastnet.com/journals/Vol_6_No_1_February_2016/2.pdf
- Sommer, A., y Richter, B. (2022). Quality control in dairy production: Factors influencing milk quality. *Journal of Dairy Science and Technology*, 45(4), 233-249. <https://doi.org/10.1016/j.jdst.2022.03.006>
- Shahbandeh, M. (2023). Global dairy market report: Production volumes and leading countries. Dairy Industry Insights. <https://www.dairyindustryinsights.com/global-report-2023>

- Sugrue, S., O'Connor, M., y Smith, A. (2019). Microbiological risk increases due to antibiotic residues and improper use in milk. *Food Control*, 105, 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.05.034>
- Terán, J. (2014). Historia del ganado y la producción de leche en América. *Revista de Historia Agrícola*, 25(1), 45-60. <https://doi.org/10.1234/rha.2014.001>
- Van de Langerijt, J., van de Velde, F., y Roeselers, G. (2022). Composition and biological properties of milk. *Journal of Dairy Science*, 105(7), 5901-5918. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20930>
- Valdivia-Avila, R., Ortega, E., y López, M. (2020). Challenges in achieving optimal milk quality and safety. *Food Control*, 110, 107038. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107038>
- Vallejo, J. (2022). La leche como fuente de minerales, proteínas, vitaminas y compuestos bioactivos: Su importancia en el desarrollo nutricional de mamíferos y humanos. *Journal of Nutritional Science*, 15(2), 101-112. <https://doi.org/10.5678/jns.2022.101>
- Zevallos, M. (2021). Nutritional composition of fresh milk by breed: Fat and protein percentages. *Dairy Science y Technology Journal*, 108(2), 345-355. <https://doi.org/10.1007/s13594-021-00589-1>

Declaración de roles de autores:

- Iván Analuisa Aroca: Conceptualización; metodología y administración del proyecto.
- Aníbal Zambrano: Conceptualización; metodología; estadística y revisión y edición.
- Moisés Palma: Análisis de datos y conclusiones.
- Adrián Fierro: Conceptualización y Borrador original.
- Mercedes Morán: Conceptualización y normas de edición.
- Ruth Paulina Solorzano Casco: Información documental, conceptualización

Bebida a base de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*) con adición de omega 3 y vitaminas

Beverage made from quinoa (Chenopodium quinoa W.) and amaranth (Amaranthus caudatus) flours with added omega 3 and vitamins

 Juan C. Bravo-Aranibar¹

 Noemi Bravo-Aranibar²

juan.bravo@unsch.edu.pe 

1.- Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú

2.- Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú

Recibido: 01/04/2025

Revisado: 15/05/2025

Aceptado: 03/09/2025

Publicado: 06/01/2026

RESUMEN

Este trabajo de investigación se basó en la necesidad de desarrollar una nueva línea de producción de bebidas para la población con problemas de deficiencias de consumo de proteína y grasa polinsaturada con especial énfasis en beneficio de los niños con el objetivo de formular un producto en prevención de la desnutrición y salud cognitiva. La mezcla se realizó en base principalmente de pseudocereales de quinua y kiwicha, esta mezcla tuvo como características principales de ser enriquecido con omega 3 en el desdoble del Acido Docosahexaenoico (DHA) y adicionar vitaminas. Previamente mediante el uso de hojas de cálculo Excel se obtuvieron formulaciones óptimas de sabores de chocolate, vainilla y cookies & cream con concentraciones iguales del omega 3 (DHA), además de utilizar harinas de quinua y kiwicha en el cual las tres formulaciones fueron tabuladas de acuerdo con el reglamento de alimentación saludable Ley N°30021, la bebida tuvo en cuenta no exceder los parámetros técnicos con relación a sodio, azúcar y grasas saturadas. Luego se procedió a realizar en un laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) los análisis microbiológicos y fisicoquímicos que incluye la evaluación bromatológica de la proteína y concentración de DHA. Posteriormente se realizó las pruebas de análisis sensorial por el cual se hizo degustar a los niños del distrito de San Juan de Lurigancho, determinándose que tuvo alto nivel de aceptabilidad propicio para buscar posicionar en el mercado nacional y competir con marcas internacionales de fórmulas y bebidas enriquecidas con DHA.

Palabras clave: Pseudocereales, omega 3, DHA.

ABSTRACT

This research work was based on the need to develop a new production line of beverages for the population with protein consumption deficiencies and polyunsaturated fat with



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Rev. Investigaciones ULCB. Ene - Jul.13(1), 2026; ISSN: 2409 - 1537;39-51

special emphasis on the benefit of children with the objective of formulating a product for the prevention of malnutrition and cognitive health. The mixture was made primarily from pseudocereals of quinoa and amaranth. Its main characteristic was that it is enriched with omega 3 fatty acids in the form of docosahexaenoic acid (DHA) and will contain added vitamins. Previously, using spreadsheets, optimal formulations of chocolate, vanilla and cookies & cream were obtained with equal concentrations omega 3 (DHA). In addition, quinoa and kiwicha flours were used, and three formulations were tabulated according to healthy food regulations Law N°30021. The beverage took into account not exceeding the technical parameters in relation to sodium, sugar and saturated fats. Then, in a laboratory accredited by the National Quality Institute (INACAL), microbiological and physicochemical analyses were carried out, including the bromatological evaluation of the protein and DHA concentration. Subsequently, sensory analysis tests were carried out, in which children from the San Juan de Lurigancho district were given a taste, determining that it had a high level of acceptability, suitable for seeking to position itself in the national market and compete with international brands of formulas and beverages enriched with DHA.

Key words: Pseudocereals, omega 3, DHA.

INTRODUCCION

La desnutrición infantil es evaluada por especialistas que coordinan cada año en el Perú de plantear y planificar alternativas de soluciones en beneficio de proteger la población de niños. Ante ello, se gestiona estrategias para disminuir este problema de salud en los niños por lo cual la (Mesa de concertación para la lucha contra la Pobreza [MCLCP], 2025) describe que, en materia de nutrición y desarrollo infantil temprano, el jefe del instituto nacional de estadística e informática (INEI) informó que la desnutrición crónica infantil (DCI) presentó un ligero incremento de 0,5 puntos porcentuales, al pasar del 12,1 % en 2024 a 12,6 % en el primer semestre de 2025. LA DCI ha reflejado un incremento de 2,1 % del año 2024 comparado con los 6 primeros meses del año 2025 este problema de salud se enfoca más en las regiones del Perú y al realizar una evaluación con el área urbana tiene una estadística que por cada 10 niños se determina el problema de DCI en un niño, ante ello es importante evaluar es-

trategias para empezar a decrecer este problema en la infancia de los niños. Por lo cual, el consumo de derivados de bebidas a base de harinas de quinua y kiwicha con adición de omega 3 y vitaminas en nuestro país debe ser una alternativa en contribuir a decrecer la desnutrición en la población de niños, esto se debe a la importancia de estos alimentos en contener un alto valor de contenido nutricional en proteínas. De este modo, estas características de estos alimentos brindan alternativas de aportes nutricionales necesarios para que la tasa porcentual de desnutrición disminuya progresivamente en nuestro territorio.

Asimismo, el consumo de omega 3 en la población especialmente de los niños es vital debido a que favorece al desarrollo neurológico en referencia al sistema nervioso. Muchos de los niños tienen problemas de atención en la etapa escolar debido a que no pueden mantener una concentración normal en beneficio propio, para ser ciu-

dadanos de buenos niveles cognitivos que tomara decisiones futuras en el crecimiento y desarrollo de nuestro país. De este modo, en la investigación de (Arias *et al.*, 2020) en su estudio tuvo como objetivo evaluar la aceptación de bebidas lácteas con sabores a chocolate para ello utilizo ingredientes del omega 3 de fuentes de pescado y linaza lo que determino que no se debe agregar el ácido graso polinsaturado sin una previa evaluación sensorial por el solo hecho de cumplir con las Recomendaciones de Ingesta Diaria (RID) que para un niño es de aproximadamente 250 mg en base a 100 g por día que la concentración máxima otorga un sabor no agradable a las bebidas achocolatadas. Lo que define es no agregar el omega 3 la cantidad que sea aleatoria sino se debe formular en un porcentaje que tengan un grado de aceptabilidad alto por los niños.

Los últimos reportes definen que la desnutrición crónica sigue siendo un problema complejo para la niñez en el Perú donde la salud en la alimentación más afecta a las zonas rurales que a las partes urbanas. (León, 2024) menciona que el consumo de omega 3 incluidos en su menú escolar para incrementar el aprendizaje de conocimiento y razonamiento apoyado con el agregado de proteínas para combatir la desnutrición, hierro en beneficio de no tener anemia y vitamina A importante para el cuidado de los ojos de los preescolares indico un 60 % de alumnos de una alta mejora en los niños de educación especial y el restantes de los preescolares como buena mejora represento el restante del 40%. Así, el estado continúa intentando decrecer estas estadísticas negativas de desnutrición mediante programas de alimentación por el Ministerio de Inclusión Social (MIDIS), Municipios, Gobiernos regionales y otras

entidades del estado. Para ello es necesario implantar e incursionar con proyectos de investigación de entidades privadas y públicas que aporten en la innovación de alimentos procesados en combatir estos problemas de salud que afrontan los niños peruanos.

Un aspecto importante para la formulación de la bebida es la adición de omega 3 que proviene del ácido graso de recursos pesqueros de origen marino, por lo cual es necesario su consumo en beneficio de una mejor función neuronal de los niños. (Medina, 2004) describe el impacto positivo en su salud del consumo de omega 3 en un periodo de tres meses en niños que padecían el problema de Hipertrigliceridemia tipo de enfermedad que aumenta los riesgos cardiovasculares aunado a la inadecuada dieta que genera un exceso de peso. Ante ello, en el año 2004 los países de Sudamérica como Brasil, Perú y Uruguay además del país de Centroamérica de México en coordinación con la Organización Mundial de Salud (OMS) gestionaron estrategias de alimentación globales sobre tener una cultura de deporte, consumo de alimentos y así proteger la salud de la población infantil. A esto, no podemos dejar de mencionar que los productos se incluirán en la formulación de las bebidas tendrán características de contenido de grasa insaturada del omega 3 por el cual el desdoble será el ácido docosahexaenoico (DHA) adicionado a las bebidas de consumo imprescindible por los niños para el desarrollo neurológico de su cerebro y garantizar el buen cuidado de la retina en la visión de la población infantil del Perú.

MATERIALES Y METODOS

Los equipos y utensilios que han sido usados para la manufactura de las for-

mulaciones no son muchos en la preparación de las bebidas a base de harinas de quinua y kiwicha con la adición de omega 3 (DHA) y vitaminas los cuales fueron (1) marmita, (2) licuadoras, (4) jarras, (2) ollas, (5) tapers y (14) bols pequeños de muestreo y (14) cucharas espátula.

En relación con los ingredientes utilizados se han seleccionado de acuerdo con tener cartera de proveedores que garanticen el stock en el mercado y precios accesibles para realizar un costeo de posicionamiento en el mercado (Figura 1).



Figura 1: Dosimetría de ingredientes usados en el estudio

Se estandarizará las formulaciones de bebidas en base de harinas extruidas de granos andinos, omega 3 (DHA) y vitaminas estarán compuestas en referencia a las bebidas con sabores de vainilla, chocolate y cookies & cream. El bosquejo de las formulaciones de los productos tiene en cuenta el Decreto Supremo N°012-2018-SA de la Ley 30021 de alimentación saludable (Tabla 1).

El diseño de estudio de esta investigación es experimental debido haber realizado tres formulaciones, también tiene la característica de diseño transeccional ya que la recolección de información se dio en un solo momento. También podemos decir que es de nivel descriptivo ya que a través

de las encuestas podremos obtener los resultados y así también evaluar el nivel de aceptabilidad de las bebidas.

Para la elaboración de las bebidas a base de harinas, omega 3 (DHA) y vitaminas se hizo los siguientes pasos; primeramente, se gestiona con los proveedores que tengan a disposición de materia prima de calidad los cuales son evaluados en referencia no solo a inocuidad sino también con relación al aspecto nutricional para técnicamente aporte al producto. Sin olvidar el uso responsable de aditivos de acuerdo con el Codex Alimentarius y la Food and Drug Administration (FDA) Luego de ello procedemos a elaborar las bebidas como se observan en la figura 2.

Tabla 1.

Fórmulas de las bebidas a base de harinas, omega 3 (DHA) y vitaminas

Ingredientes	Bebida sabor a Chocolate (%)	Bebida sabor a Vainilla (%)	Bebida sabor a Cookies & Cream (%)
Harina de quinua gelatinizada	0,458	0,458	0,458
Harina de kiwicha extruida	0,825	0,825	0,825
Harina de avena extruida	0,500	0,500	0,500
Proteína de arveja (PEA 80)	0,667	0,667	0,667
Proteína de suero de leche (WPC 80)	1,083	1,083	1,083
Leche descremada en polvo	1,917	1,917	1,917
Sabor natural tipo sweet modifier 1171801501	0,195	0,160	0,183
Manteca de cacao	0,270	0,000	0,238
Panela	1,933	1,933	1,667
Azúcar rubia	2,033	2,033	1,967
FOS	0,967	0,833	1,200
Goma guar	0,104	0,123	0,123
CMC F1 4000	0,045	0,051	0,051
Goma xantana 200	0,017	0,019	0,019
Concentrado Vit Quian 700213	0,004	0,004	0,004
DHA	0,087	0,087	0,087
Cocoa 10 – 12 %	0,773	0,000	0,000
Agua	88,000	88,888	87,957
Natamicina	0,001	0,001	0,001
Chocolate Elo 23563	0,080	0,000	0,050
Sabor vainilla 1102103509	0,000	0,013	0,000
Canela PAB 20015	0,000	0,167	0,000
Sabor cookies and cream 1101403505	0,000	0,000	0,050
Galletas molidas Black out	0,000	0,000	0,950

Bebida de Vainilla

- a. Recepción 1: Ingresan el agua tratada, azúcar, panela y fibra soluble-FOS.
- b. Pesado 1: Se pesa los insumos que ingresan en la recepción 1 según lo correspondiente a la formulación.
- c. Mezclado 1: A este proceso ingresan 50 % del peso total de agua tratada, azúcar, panela se mezclan hasta llegar a temperaturas de 30°C, los 50 % de agua tratada se repartirá para el mezclado 2 (30 %), mezclado 4 (15 %) y el mezclado 6 (5 %).
- d. Recepción 2: Se recepciona la harina de quinua gelatinizada, harina de kiwicha gelatinizada, harina extruida de avena, proteína de arveja (PEA 80), proteína de suero de leche, leche descremada, natamicina y manteca de cacao. Los insumos deben cumplir con los parámetros de calidad.
- e. Pesado 2: Se pesa los insumos que ingresan en la recepción 2 según la correspondiente formulación.
- f. Mezclado 2: A este proceso ingresan los 30 % del peso de agua del mezclado 1. Se incorporan los insumos de recepción 2 previamente pesados. Se inicia el proceso de mezclado a una temperatura de 30°C.
- g. Mezclado 3: Se incorpora el mezclado 2. Se inicia el proceso de mezclado con agitación constante hasta llegar a Temperatura de 50°C.
- h. Recepción 3: Se recepciona la goma guar, CMC F1 4000 y la goma xantana. Los insumos deben cumplir con los parámetros de calidad.
- i. Pesado 3: Se pesa los insumos que ingresan en la recepción 3 según la correspondiente formulación.
- j. Mezclado 4: Ingresa el 15 % del peso de agua del mezclado 1. Se incorporan los insumos recepción 3 previamente pesados. Se inicia el proceso de mezclado a una temperatura de 50°C.
- k. Mezclado 5: Se incorpora el mezclado 2. Se inicia el proceso de mezclado con agitación constante hasta llegar a temperatura de 50 °C.
- l. RECEPCIÓN 4: Se recepciona el sabor natural tipo Sweet Modifier, concentr VIT QUIAN 700213, DHA, sabor vainilla y sabor canela.
- ll. Pesado 4: Se pesa los insumos que ingresan en la recepción 4 según la correspondiente formulación.
- m. Mezclado 6: Ingresa el 5 % del peso de agua del mezclado 1. Se incorporan los insumos recepción 4 previamente pesados. Se inicia el proceso de mezclado a temperatura 83 °C.
- n. Pasteurización: Se pasteuriza la mezcla a 85 °C por 5 min en constante agitación.
- o. Envasado: Se envasan en frascos de vidrio de 300 ml (previamente esterilizados).
- p. Enfriado: Se sumergen en agua fría las botellas de vidrio sellados boca abajo provocando un shock térmico para la conservación del producto.
- q. Almacenamiento: El producto se almacena en refrigeración (figura 2).

Bebida de chocolate

En este caso el proceso de elaboración de la bebida de harinas de quinua, kiwicha, omega 3 (DHA) y vitaminas sabor a chocolate se incluye el uso de agregar ingredientes como Cocoa de 10 – 12 % de concentración y chocolate ELO 23563. Los insumos deben cumplir con los parámetros de calidad (Figura 2).



Figura 2: Bebidas de chocolate, vainilla y cookies & cream

Bebida de cookies & cream

La bebida sabor a cookies & cream se caracteriza por incluir en su formulación y elaboración a ingredientes como el chocolate ELO 23563, sabor artificial tipo cookies and cream 1101403505 y galletas molidas Black out con el objetivo de conseguir un sabor de alto nivel de aceptabilidad por parte de los niños (Figura 2).

Métodos de ensayo microbiológico y físico-químico

Los métodos de ensayo para validar el consumo de las bebidas a base de harinas de quinua y kiwicha con adición de omega 3 (DHA) y vitaminas fueron aplicados por el laboratorio acreditado de Certificaciones alimentarias hidrobiológicas y medioambientales S.A.C. (CAHM). Las normas de referencia microbiológicas que se aplicaron fueron el método de ensayo microbiológico de recuento de microorganismos aerobios (ISO 4833-1:2013), recuento de mohos y levaduras (Comisión internacional de especificaciones microbiológicas para alimentos [ICMSF]), enumeración presuntiva de *Escherichia coli* (ISO 7251:2005), enu-

meración de Coliformes (ISO 4831:2006), recuento presuntivo de *Bacillus cereus* (IC-MSF), detección de *Salmonella spp* (ISO 6579-1:2017/detección molecular avanzada [AMD] 1:2019) y recuento de *Staphylococcus aureus* (ISO 6888-1:1999/AMD 1:2003/AMD 2:2018).

En el método de ensayo físico-químico para evaluar parámetros se aplicaron normas de referencia de potencial de hidrogeno (pH) se utilizó el NMX-F-317-Normex-2013 (Norma mexicana para determinación de pH en alimentos y bebidas no alcohólicas). Para el caso de la bebida se aplica el método de acidez es el 942.15 de titulación de acidez de productos de frutas de acuerdo con la Asociación mundial de químicos analíticos oficiales (AOAC Internacional) que desarrolla métodos analíticos validados para la acidez.

Métodos de ensayo bromatológicos

La determinación de proteína se realizó mediante el uso de la norma ISO 5983-2:2009 (equipo de digestión) de pien-

sos, alimentos para animales y alimentación humana, con ello se determina el contenido de nitrógeno y se calcula el contenido de proteína cruda con el equipo de digestión con el método de Kendall y para validar la humedad de la bebida se aplicó la NMX-F-083-1986 para la cuantificación de humedad en productos alimenticios en el cual se utilizó Normas Mexicanas de la Dirección general por el uso de la regresión de vectores de superficies múltiples (MSVR and SC).

El método de ensayo bromatológico para determinar el ácido graso insaturado cuánto contiene la bebida a base de harinas enriquecidas de omega 3 (DHA) en una composición en 100 g de Producto se aplicó el ensayo de perfil de ácidos grasos, incluyendo grasas trans. Se utilizó la norma de referencia AOAC 996.06-1996 (2016) de grasas (Grasas totales saturadas e insaturadas) en alimentos en el cual el método específico es de cromatografía de gases de extracción hidrolítica.

Método de evaluación sensorial

Para determinar el nivel de aceptabilidad de las bebidas a base de harinas, omega 3 (DHA) y vitaminas se realizó una evaluación sensorial enfocada para niños. Los evaluadores que se conformaron fueron con 12 niños de 6 a 8 años ubicados en el distrito de San Juan de Lurigancho, ellos estimaron los atributos de las bebidas en relación con los sabores de chocolate, vainilla y cookies & cream. El método usado para la población infantil fue la escala hedónica verbal de 5 puntos con figuras de caritas: “Me gusta mucho”, “Me gusta”, “Indiferente”, “Me disgusta” y “Odie”.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Análisis microbiológico

Las bebidas garantizan inocuidad y calidad por su consumo por parte de los niños debido a que cumple el análisis microbiológico de acuerdo con la Resolución Ministerial N°591-2008-MINSA

Tabla 2.

Métodos de ensayo microbiológico

ITEM	ENSAYO	Unidades	Resultados MO1 LM01
1	Recuento de microorganismos Aerobios	UFC/g	< 1,0 x 10 (e)
2	Recuento de Mohos	UFC/g	< 10 (e)
3	Recuento de Levaduras	UFC/g	< 10 (e)
4	Enumeración presuntiva de <i>Escherichia coli</i>	NMP/g	0
5	Enumeración de Coliformes	NMP/g	0
6	Recuento presuntivo de <i>Bacillus cereus</i>	UFC/g	< 1,0 x 10 (e)
7	Detección de <i>Salmonella spp</i>	Salmonella spp./25 g	Ausencia
8	Recuento de <i>Staphylococcus aureus</i>	UFC/g	< 1,0 x 10 (e)

que determina la seguridad del producto en relación con que microorganismos se acepta en un nivel no superior a lo que requiere la normativa de criterios microbiológicos (Tabla 2).

Análisis fisicoquímico

El aspecto fisicoquímico de las bebidas tiene resultados de un pH cercano a la neutralidad, acidez baja y alto contenido de

humedad determino utilizar un conservante antifúngico natural como la Natamicina (SIN -235) que es utilizado para inhibir el crecimiento de Mohos y Levaduras el uso se basa en relación con la Food and Drug Administration (FDA) que regula el uso en productos lácteos en prolongar la vida útil sin modificar el sabor y olor de los productos (Tabla 3).

Tabla 3.
Análisis fisicoquímico

ITEM	ENSAYO	Unidades	Resultados
			MO1 LM01
1	pH	-	7,1
2	Acidez	%	0,065
3	Humedad	%	82,17

Análisis bromatológico

La bebida demuestra ser una fuente de alimento de concentración de omega 3 de 150 mg por una muestra de 100 g algo importante en una bebida para niños este resultado se muestra en la tabla 4, algo a resaltar que en el certificado de CAHM la concentración de DHA es alto debido a que en el previo cálculo de Excel fue una con-

centración proyectada bastante menor del certificado. Si comparamos con los reportes de consumo de DHA no está lejano de la ingesta de 250 mg diario por niño (Uceda, 2024). Por último, la proteína es de 2,2 g a base a 100 g de la bebida diluida a base de harinas (Tabla 4).

Tabla 4.
Análisis fisicoquímico de omega 3 y proteína

Composición en 100 g de Producto			Resultados
Ítem	Parámetros	Unidades	
01	Eicosapentaenoico (EPA)	mg/ 100 g	120
	Docosahexaenoico (DHA)	mg/ 100 g	150
	CIS-8,11,14-Eicosatrienoico	mg/100 g	< 10
	CIS-11-Eicosanoico	mg/100 g	50
02	Proteína	g/100 g	2,2

Análisis sensorial

En la figura 3 se muestran los resultados de las bebidas de harinas con omega 3 en el cual se puede observar el alto nivel de aceptabilidad de la población infantil en 58 % de “Me gusta mucho” de la bebida sabor chocolate seguido de la bebida de Cookies & cream de 33 % y sabor a vainilla con 17%. En relación con la opción “Me gusta” tiene un porcentaje de 50 % para la bebida de vainilla, 25 % para la bebida de Cookies & cream y 17 % para el sabor de Chocolate. Corroborado por (Severiano, 2019), que si se va a realizar una metodología afectiva se trabajará con consumidores que serán seleccionados en función del objetivo de la prueba. En ese contexto, el consumo de la proyección de bebidas de chocolate tiene grado de satisfacción alto en los niños.

La opción de aceptabilidad de “Indiferente” obtuvo un porcentaje de 25 % para la bebida de vainilla, 8 % para las bebidas de Chocolate y Cookies & cream. La opción “Me disgusta” tuvo un porcentaje

de 33 % para el sabor Cookies & cream y 17% de Chocolate. Por último, la bebida de Vainilla tuvo la calificación de los niños en relación a la opción “Odie” de tan solo 8 % porcentaje mínimo lo que demuestra que las bebidas tienen una alta proyección de consumo de alternativa entendiendo el sabor que confiere el omega 3 en su doble del DHA. Asimismo, tenemos a (Severiano, 2019) que indica a tener como alternativa a consumidores habituales (es decir, personas que consumen de manera regular el producto) o no habituales (que lo consumen de forma esporádica, tal vez un refresco en meses) o estarán definidos en función de sus características sociodemográficas (edad, género, escolaridad, nivel socioeconómico, por mencionar algunas). En ese contexto, las bebidas han generado un nivel de aceptabilidad como buenas proyecciones de posicionamiento en el mercado (Figura 3).

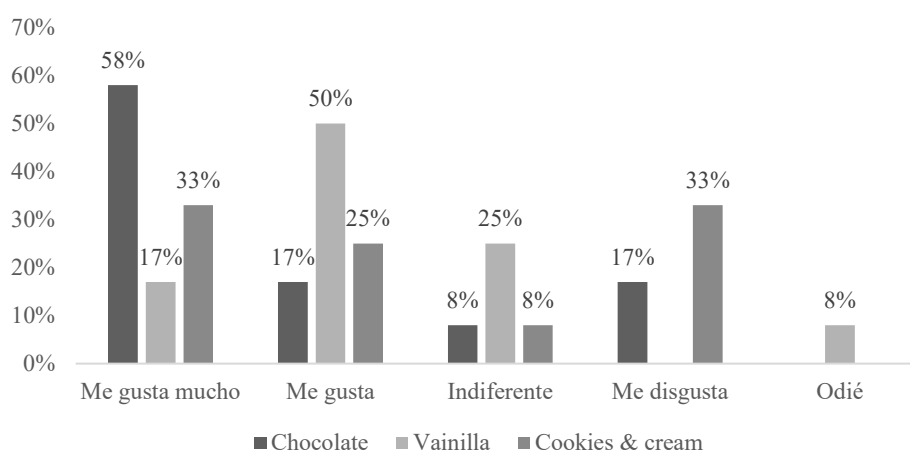


Figura 3: Nivel de aceptabilidad de bebidas de chocolate, vainilla y cookies & cream

En la investigación de valores nutritivos de alimentos andinos (Guevera *et al.*, 2025) demostró resultados que evidenciaron a estos alimentos en presentar altos

niveles de proteínas, fibra, minerales esenciales y compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias en el que destacó la quinua y el amaranto

que ofrecieron un perfil proteico superior a los cereales convencionales, mientras que el maíz morado y el tarwi proporcionaron beneficios adicionales por su contenido de antocianinas y ácidos grasos esenciales. En tal sentido, las bebidas elaboradas a base de harinas y omega 3 proporciona aminoácidos esenciales como el caso de la lisina que está en la quinua clave para el crecimiento infantil como el ácido graso polinsaturado en el desdoble del DHA proveniente del omega 3 para el desarrollo cognitivo de los infantes.

Asimismo, los granos andinos empiezan a ser elaborados en diversos productos con innovación (Rubio, *et al.*, 2022) que elaboro bebidas con altos porcentajes de harina de haba y cebada, y bajos porcentajes de harina de arveja tuvieron la mayor aceptabilidad. Se concluye que a partir de granos cultivados en zonas andinas se pueden obtener bebidas instantáneas con alta aceptabilidad. En la misma forma, el grado de satisfacción de las bebidas a base de granos andinos, omega 3 (DHA) y vitaminas obtuvo un porcentaje de nivel alto de “Me gusta mucho” y “Me gusta” aspectos importantes que apoyen para que tenga un comportamiento y aprendizaje en su etapa escolar.

Bebidas con adición de omega 3 (DHA) no son una moda en Europa son una realidad por el beneficio nutricional para su nación, conociendo que somos nosotros lo mayores exportadores de omega 3 debemos crear una cultura de consumo DHA principalmente en nuestra población de niños. En efecto, la investigación de (González, *et al.*, 2023) indica que los efectos dependen del tiempo de la dosificación del suplemento del omega 3 cuando el grado de cumplimiento depende del aspecto físico en rela-

ción con su dieta y la edad lo que regula el control de dosificación lo que concluye el beneficio de consumo de suplementación con omega 3. En la misma forma (López, *et al.*, 2024) apoya a lo expuesto de estos hallazgos resaltan la importancia de una dieta equilibrada y la posible utilidad de los suplementos en el mantenimiento de la salud cognitiva de nuestra población infantil próximos ciudadanos que aporten al desarrollo y garantice la competitividad a nivel internacional.

Por último, es necesario el aporte de la innovación y tecnología para conservar las propiedades nutricionales del producto como las bebidas elaboradas con harinas de quinua y kiwicha con adición de omega 3 (DHA) y vitaminas.

CONCLUSIONES

El trabajo destaca en brindar una guía técnica para realizar 3 formulaciones en base al omega 3 (DHA) con la adición de pseudocereales como las harinas de quinua y kiwicha de acuerdo con el requerimiento del público infantil para garantizar su mejora de salud cognitiva.

El aporte del producto mediante su consumo disminuir la desnutrición por la calidad proteica de los granos andinos sin obviar que los productos como las bebidas deben gestionar estrategias de altos niveles de satisfacción en su evaluación sensorial como los formulados de sabores de chocolate, vainilla y cookies & cream.

Las bebidas formuladas también tienen el enfoque de proyectar el posicionamiento en el mercado peruano y competir con marcas internacionales enriquecidos con DHA los cuales no están en el alcance de la economía de la mayoría de las familias peruanas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arias, L., Araque, L., Ostojich, Z., Zerpa, S., y Balbuena, J. (2022). Aceptabilidad de bebidas lácteas achocolatadas fortificadas con ácidos grasos omega 3 de origen animal y vegetal. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5, 831-838. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume5/5/6/167.pdf>
- Código de Regulaciones Federales CFR (Food and Drug Administration [FDA], 2026). Food additive status List. <https://www.ecfr.gov/current/title-21/chapter-I/subchapter-B/part-172>
- Decreto Supremo 012 de 2018 [Ministerio de Producción] (2018). Aprueban Manual de advertencias publicitarias en el mercado de lo establecido en la ley 30021, ley de promoción saludable para niños, niñas y adolescentes. 21 de junio de 2018. <https://www.gob.pe/institucion/produce/normas-legales/185544-012-2018-sa>
- Flores, Y., y Palacios, P. (2022). Propuesta de elaboración de una bebida fortificada con cereales andinos para incrementar su valor nutricional. [Tesis de pregrado. Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/875147f4-66bb-4b10-801b-057966e22bae/content>
- Guevara, D., Viteri, C., Robayo, V., Hidalgo, K., y Arteaga, C. (2025). El potencial de los alimentos andinos en el manejo dietético de la enfermedad celiaca: Beneficios nutricionales y aplicaciones prácticas. *Revista Salud, Ciencia y Tecnología*, 5,1 – 15. <https://research.ebsco.com/c/hb5gu7/search/details/gjycn5ys3z?limiters=&q=BEBIDAS%20A%20BASE%20DE%20HARINAS%20DE%20QUINUA%20Y%20KIWICHA%20CON%20ADICION%20DE%20OMEGA%203%20>
- González, O., Hernández, J., Salazar, A., Mandeville, P., Valdez, F., De la Cruz, E. y Algara, S. (2023). Archivos latinoamericanos de Nutrición, Julio 2023, 63, asunto 3, 224-231. *Food Sciencie Source*. <https://research.ebsco.com/c/hb5gu7/search/results?limiters=&q=BEBIDAS+CON+OMEGA+3&sqId=sq%3Aa-93fa87c-24ee-41d3-b8ae-f2bee8f7e78f>
- Medina, A. (2015). *El impacto de la suplementación con ácidos grasos omega 3 durante 3 meses en el perfil de lípidos de niños Hipertrigliceridemicos con sobrepeso u obesidad*. [Tesis para obtener el título de especialista en Pediatra. Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio de la Universidad Nacional Autónoma de México. <https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2014/agosto/0717990/0717990.pdf>
- Mesa de concertación para la lucha contra la pobreza. (MCLCP, 2025). MCLCP y el INEI analizaron los principales resultados en desarrollo infantil temprano y salud materna neonatal del primer semestre 2025. <https://www.mesadeconcertacion.org.pe/noticias/mesa-nacional/jefe-del-inei-presento-los-principales-resultados-del-i-semestre-2025-en-desarrollo-infantil-temprano-y-salud-materna-neonatal-en-reunion-de-la-mclcp>

- Ministerio de Salud del Perú [MINSA]. (2017). Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición [CENAN]. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/321168-tablas-peruanas-de-composicion-de-alimentos>
- Norma general para los aditivos alimentarios CXS 192-1995 (Codex Alimentarius, 2026). Norma para el uso responsable de aditivos. Adoptada en el año 1995 y revisión desde año 1997 hasta el año 2025. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/gafa/es/>
- López, V., Chávez, M., y Samillan, V. (2024). Suplementación con omega 3 o creatina en adultos mayores y su impacto en la función cognitiva: una revisión cognitiva. *Revista De Investigaciones De La Universidad Le Cordon Bleu*, 11(2), 13–22. <https://revistas.ulcb.edu.pe/index.php/REVISTAULCB/issue/view/26/6>
- Pilco, S. (2021). Elaboración de una bebida a base de granos andinos: Quinua (*Chenopodium quinoa*) y Kiwicha (*Amaranthus caudatus*). [Tesis para optar el grado de Doctor. Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://files01.core.ac.uk/download/482041189.pdf>
- Resolución ministerial 591 de 2008 [Ministerio de Salud] (2008). Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. 27 de agosto de 2008 <http://www.digesa.minsa.gob.pe/NormasLegales/Normas/RM591MINSANORMA.pdf>
- Rubio, S., Solano, J., y Velásquez, F. (2022). Bebida andina instantánea a base de granos tostados: Diseño y optimización. *Bioagro*. 34 (3), 289 – 300. <https://research.ebsco.com/c/hb5gu7/search/details/rpm7xayknj?limiters=&q=BEBIDAS%20DE%20HARINA%20DE%20QUINUA>
- Severiano, P. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *Interdisciplina*. 7(19), 47-68. <https://www.scielo.org.mx/pdf/interdi/v7n19/2448-5705-interdi-7-19-47.pdf>
- Uceda, A. (2024). Dosis recomendadas de omega -3 EPA y DHA. Beps Biopharm. Especialistas en omega 3. <https://www.puroomega.com/dosis-recomendadas-omega-3-epa-y-dha/>

Declaración de roles de autores:

- Juan Carlos Bravo Aranibar: Conceptualización; metodología, curación de datos y administración del proyecto.
- Noemi Bravo Aranibar: Análisis formal, recursos y supervisión.

Sustrato de fibra de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) e hidrogel para *Aptenia cordifolia*

Oil palm Fiber (Elaeis guineensis) and Hydrogel Substrate for Aptenia cordifolia

 Anthony Ramírez Juan Juscamaita Alejandro Risco Isabel Montes Giovanna Riveragrivera@lamolina.edu.pe 

Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú

Recibido: 04/07/2025

Revisado: 02/08/2025

Aceptado: 02/12/2025

Publicado: 06/01/2026

RESUMEN

La valorización de residuos agrícolas mediante su uso en soluciones paisajísticas sostenibles representa una alternativa viable frente a la creciente generación de residuos orgánicos. El presente estudio evaluó el desempeño de la fibra de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) como componente de sustratos en techos verdes extensivos, así como la incorporación de poliacrilato de potasio como hidrogel retenedor de humedad. Se empleó un diseño en parcelas divididas con ocho tratamientos resultantes de la combinación de dos tipos de sustrato (uno con 60 % de fibra de palma + 40 % compost, y otro con cascarilla de arroz, arena y compost) y cuatro niveles de poliacrilato (0, 100, 150 y 200 g/m²). Se evaluaron variables morfofisiológicas en *Aptenia cordifolia* durante 10 semanas. Los resultados muestran que ambos sustratos son adecuados para el establecimiento de cubresuelos ornamentales; el sustrato con fibra de palma presentó una densidad aparente significativamente menor (0,22 g/cm³), una ventaja crucial para la carga estructural en techos verdes, junto con mayor porosidad y capacidad de retención de agua. La adición de poliacrilato no mostró efectos estadísticos significativos como factor individual, sin embargo, evidenció una interacción positiva al combinarse con el sustrato a base de fibra de palma, lo que resultó en una mejora de la retención hídrica. Se concluye que la fibra de palma aceitera posee un alto potencial como componente de sustratos alternativos en techos verdes extensivos, validando su uso en infraestructura verde urbana para mitigar el efecto de isla de calor.

Palabras clave: Fibra de palma aceitera, techos verdes extensivos, poliacrilato de potasio, *Aptenia cordifolia*, residuo industrial, sustrato techo verde.

ABSTRACT

The valorization of agricultural residues through their incorporation into sustainable landscape systems represents a viable strategy to address the growing generation of

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) International License

Rev. Investigaciones ULCB. Ene - Jul.13(1), 2026; ISSN: 2409 - 1537;52-63

organic waste. This study assessed the performance of oil palm (*Elaeis guineensis*) fiber as a component of substrates for extensive green roofs, as well as the effect of potassium polyacrylate as a water-retaining hydrogel. A split-plot experimental design was implemented, consisting of eight treatments derived from the combination of two substrate types (one composed of 60% oil palm fiber and 40% compost, and another containing rice husk, sand, and compost) and four levels of polyacrylate (0, 100, 150, and 200 g/m²). Morphophysiological traits of *Aptenia cordifolia* were evaluated over a ten-week period. Results indicate that both substrates are suitable for the establishment of ornamental ground covers; however, the palm fiber substrate exhibited a significantly lower bulk density (0.22 g/cm³) a key advantage for reducing structural load in green roof systems along with higher porosity and water-holding capacity. Although the addition of polyacrylate did not produce statistically significant effects as an independent factor, it showed a positive synergistic interaction when combined with the porous palm-fiber substrate, improving overall moisture retention. These findings highlight the strong potential of oil palm fiber as an alternative substrate component for extensive green roofs, validating its use in urban green infrastructure as a sustainable measure to mitigate the urban heat island effect.

Keywords: Peru, grape brandy, chicha, aswa, masato, wine.

INTRODUCCIÓN

El incremento sostenido de residuos sólidos de origen agrícola representa un desafío ambiental a nivel global, en especial en regiones productoras de palma aceitera (*Elaeis guineensis*), cuyo procesamiento genera grandes volúmenes de residuos fibrosos que no reciben manejo adecuado. (Khalil, H. P. S., et al., 2012). La fibra de palma ha sido empleada en compuestos biodegradables y bioenergéticos (Khalil et al., 2012), pero su uso como sustrato hortícola sigue siendo limitado, debido a la falta de estudios que optimicen su procesamiento y formulación para aplicaciones en el campo de las plantas ornamentales. Es importante investigar a fondo la utilización actual y el impacto ambiental de las industrias del aceite de palma en el mundo. (Kaniapan et al., 2021).

En este contexto, el crecimiento urbano ha motivado el uso de techos verdes como solución basada en infraestructura verde, capaz de mitigar islas de calor

y recuperar cobertura vegetal. (Jaffal et al., 2012). Dichas estructuras requieren sustratos con propiedades específicas: peso reducido, aireación adecuada y retención de humedad (Cakar et al., 2023). Además, la inclusión de materiales reciclados o derivados de procesos industriales, como residuos orgánicos estabilizados o derivados de procesos de incineración son considerados potenciales insumos en la elaboración de sustratos para techos verdes (Rowe, 2011). Los residuos orgánicos son en muchos casos insumos ideales para el uso en la elaboración de sustratos (Soobhany, 2019; Kader, 2024). Así, la incorporación de residuos agroindustriales podría contribuir simultáneamente a la sostenibilidad ambiental y a la eficiencia funcional de los techos verdes. El aprovechamiento de residuos agrícolas para la formulación de sustratos representa una estrategia efectiva para promover la economía circular y reducir la carga ambiental, especialmente cuando se

emplean fibras lignocelulósicas de palma u otros subproductos agroindustriales (Ahmad *et al.*, 2018 y Milla, 2021)

La combinación de materiales reciclados con aditivos superabsorbentes, como poliacrilato de potasio representa una opción prometedora para mejorar las propiedades hídricas de los sustratos. (Otorres y Soto, 2017 y Peyrusson, 2021).

El poliacrilato de potasio actúa como polímero superabsorbente que, al incorporarse a sustratos o suelos, incrementa considerablemente su capacidad de retención hídrica, lo que permite liberar agua lentamente hacia las raíces y reducir la frecuencia de riego (Sroka y Sroka, 2024), aunque su aplicación en techos verdes ha sido poco explorada, especialmente en combinación con residuos agroindustriales como la fibra de palma aceitera.

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de dos tipos de sustrato (con y sin fibra de palma) combinados con niveles crecientes de hidrogel, sobre el crecimiento de *Aptenia cordifolia* en condiciones simuladas de techo verde; bajo el supuesto que la fibra de palma y el poliacrilato mejorarían el cre-

cimiento vegetal y la retención hídrica del sistema y contribuiría de manera eficaz en la formación de biomasa, lo cual puede impulsar la difusión de los techos verdes como una solución al contexto de islas de calor urbanas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló entre noviembre de 2023 y febrero de 2024 en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú. La temperatura promedio osciló entre 20,3 y 24,5 °C, con humedad relativa media de 77 % y una radiación solar promedio de 5,4 kWh/m/día. De otro lado, se utilizó como material de siembra esquejes de *Aptenia cordifolia* de 10 cm.

Se instalaron módulos para techos verdes simulados, mediante el uso de contenedores de plástico, sobre una estructura metálica de 1,4 m por 0,9 m de área, sobre este soporte se colocaron rejillas de parihuela recicladas. Cada módulo fue de 57 cm de largo, 37 cm de ancho y 11 cm de altura, se usó una geomembrana como capa drenante, se colocó una capa de geotextil sobre la base y en lados laterales del módulo como capa filtrante que impide la filtración de partículas del sustrato (Figuras 1 y 2).

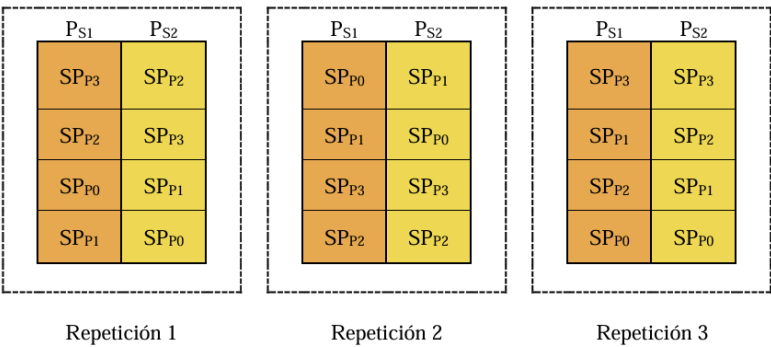


Figura 1: Establecimiento de parcelas



Figura 2: Detalle del techo verde simulado

El diseño experimental fue de Parcelas Divididas (DPD), con arreglo factorial 2 x 4, donde el factor A corresponde a los tipos de sustrato (S1 y S2), que representan las parcelas principales y cada una de estas parcelas están divididas en cuatro (4) subparcelas, en las que se dispone el factor B al porcentaje de poliacrilato de potasio (0, 100, 150 y 200 g/m²), distribuidas aleatoriamente (Figura 3). De ese modo, se evaluaron dos sustratos: El nivel de S1 con (60 % fibra de palma + 40 % compost) y S2 con (33,33 % cascarilla de arroz, 44,44 % arena y 22,22 % compost), y cuatro niveles de poliacrilato, conformando ocho (8) tratamientos, con tres repeticiones y un total de veinticuatro (24) unidades experimentales. Estudios recientes han demostrado que la fibra de mesocarpio de palma presenta baja conductividad térmica y propiedades estructurales adecuadas para su aplicación en cubiertas verdes (Rahardja *et al.*, 2022)



		Subparcela (SP)			
		Niveles de poliacrilato de potasio			
		0 g/m ² (P0)	100 g/m (P1)	150 g/m ² (P2)	200 g/m ² (P3)
Parcela principal (P)	Tipos de sustrato				
	Sustrato con fibra de palma (S1)	T1	T2	T3	T4
	Sustrato comercial (S2)	T5	T6	T7	T8

Figura 3: Gráfico de distribución experimental

El hidrogel fue hidratado previamente (10 g/L) y aplicado en los 5 cm superiores del sustrato. El riego fue por goteo: diario la primera semana y luego cada 3 días. Las labores agronómicas a lo largo de la experimentación fueron, control manual de malezas, monitoreo semanal de plagas y enfermedades. El uso de hidrogeles de origen biodegradable o formulados a partir de biomasa agrícola ha mostrado mejoras sustanciales en la retención de humedad en suelos y sustratos (Alsubiae *et al.*, 2025).

Las variables evaluadas incluyeron: cobertura vegetal (Figura 01), área foliar (relación peso-área y el procesamiento de imágenes), coloración foliar (CR-400 Minolta), biomasa seca, longitud de tallo, número de hojas y longitud radicular. El análisis estadístico, para estas variables de respuesta, fue mediante ANOVA y con la prueba de Tukey con α de 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados evidenciaron (Tabla 1) que el sustrato S1 (fibra de palma + com-

post) presentó una menor densidad aparente ($0,22 \text{ g/cm}^3$) y una mayor capacidad de retención de agua respecto al sustrato convencional S2 ($0,97 \text{ g/cm}^3$). Estas propiedades físicas representan una ventaja relevante en sistemas de techos verdes extensivos, donde se requiere menor carga estructural (Cakar *et al.*, 2023), asimismo, la disponibilidad hídrica constituye un factor determinante para el establecimiento y desarrollo de la vegetación. La menor densidad observada en S1 puede atribuirse a la naturaleza fibrosa y altamente porosa de la fibra de palma, la cual favorece la formación de espacios porosos y reduce la compactación del medio de crecimiento. Asimismo, la mayor retención de agua estaría relacionada con la elevada superficie específica y capacidad de absorción de este material orgánico. De forma similar, Milla (2021) evidenció que los sustratos compuestos por fibras vegetales como coco o bagazo de caña presentan una menor densidad aparente y una mayor capacidad de aireación, lo que favorece el crecimiento vegetal en techos verdes.

Tabla 1.
Análisis de propiedades físicas de los sustratos.

Sustrato	Densidad real (g/cm^3)	Densidad aparente (g/cm^3)	Drenaje (%)	Retención de humedad (%)	Porosidad (%)
S1: fibra de palma aceitera + compost	0.75	0.22	96	336.18	70.02
S2: cascarilla de arroz + arena de río + compost	2	0.97	62	60.3	51.49

Fuente: Laboratorio de análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes - LASPAF-UNALM

Desde el punto de vista químico, el sustrato S1 presentó una mayor conductividad eléctrica y contenido de materia orgánica, sin comprometer el rango adecuado de pH para plantas ornamentales (Tabla 2).

Además, la relación C/N de 14.14 indica un material estable y balanceado para la liberación de nutrientes lo que concuerda con reportes de sustratos orgánicos estabilizados.

Tabla 2.
Análisis de propiedades químicas de los sustratos.

Sustratos	pH	C.E.	M.O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Hd	Na
		dS/m	%	%	%	%	%	%	%	%
S1: fibra de palma aceitera + compost	6.99	7.89	51.07	1.81	1.2	1.57	3.01	1.5	25.13	0.25
S2: cascarilla de arroz + arena + compost	7.7	5.75	10.75	0.62	0.3	0.79	2.11	1.17	3.3	0.2

Fuente: Laboratorio de análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes - LASPAF-UNALM

Los tratamientos, con sustrato S2, mostraron mayor cobertura vegetal (88,95 %) alcanzando su máximo en S2 con 200 g/m² de poliacrilato de potasio (87,50 %) con respecto a los tratamientos con sustrato S1 que apenas superaron el 76,61 %. Indicativo de un mejor establecimiento inicial y expansión foliar, probablemente asociado a una mayor estabilidad mecánica o mejor establecimiento inicial de *Aptenia cordifolia*. Estos resultados coinciden con los hallazgos de Cárreres *et al.* (2024), quienes observaron una mayor cobertura vegetal en techos extensivos con mezclas de especies adaptadas a condiciones de alta exposición solar y evaporación. En línea con Getter y Rowe (2006), estos resultados refuerzan la importancia de la estructura física del sustrato para lograr una cobertura rápida, especialmente en techos expuestos a insolación constante. Asimismo, se observó una tendencia al aumento del área foliar y biomasa aérea con el uso de hidrogel, aun-

que sin diferencias estadísticas significativas entre niveles de hidrogel (Priera *et al.*, 2022 y Khater, 2015).

Como se observa en la Figura 4 muestra la variación de la cobertura vegetal de *Aptenia cordifolia* evidenciando que este componente aumentó de forma acelerada durante las primeras semanas, para luego estabilizarse conforme el follaje cubrió gran parte de la superficie disponible. Este patrón sugiere que la especie posee una fase inicial de rápido crecimiento vegetativo, seguida por una etapa de saturación de cobertura, comportamiento típico en especies rastreras utilizadas para techos verdes extensivos. Estos resultados concuerdan con Santamouris (2014) y VanWoert *et al.* (2005), quienes destacan la importancia de la vegetación en la eficiencia térmica y el rápido establecimiento del follaje en techos verdes. La combinación fibra de palma + hidrogel mostró la mejor sinergia en términos de velocidad y estabilidad del cubre-

suelo. Las implicancias de estos hallazgos son relevantes para el diseño y selección de especies en techos verdes urbanos. Una cobertura rápida y uniforme no solo mejora la calidad estética, si no que también contribuye a la regulación térmica, disminuye la erosión superficial del sustrato y reduce

la colonización de especies invasoras. En consecuencia, *Aptenia cordifolia* se perfila como una alternativa promisorio para proyectos de infraestructura verde en regiones con condiciones climáticas similares a las evaluadas en este estudio.

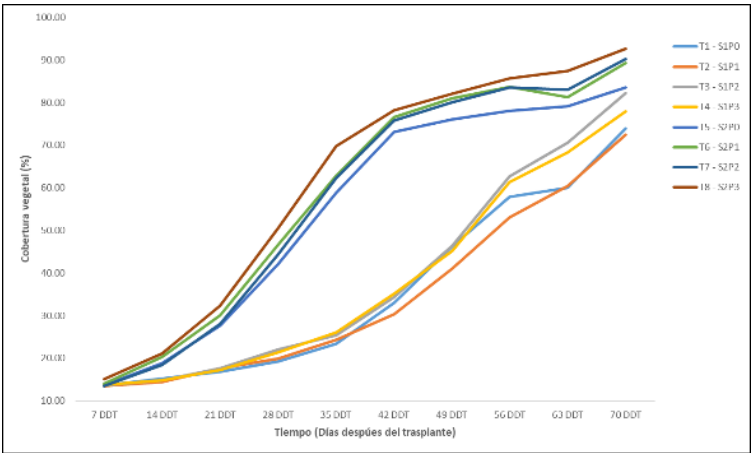


Figura 4: Variación de la cobertura vegetal de *Aptenia cordifolia* de los 8 según tratamientos en el periodo de diez (10) semanas.

El área foliar según que se presenta en la Tabla 3, y la longitud de tallos también fueron superiores en sustratos con fibra. El poliacrilato no generó diferencias

significativas, pero mostró efectos positivos combinados (Rudzinski, 2002 y Rifat y Safdar, 2004).

Tabla 3.
*Efecto de los tipos de sustrato y niveles de hidrogel en el área foliar por planta del cultivo *Aptenia cordifolia*.*

Tratamiento	Área foliar (cm²)
Tipos de sustratos	
S1	810.18 b
S2	1341.14 a
Significancia	*
C.V. (%)	41.03
Niveles de poliacrilato	
P0	945.91 a
P1	1072.23 a
P2	1133.90 a
P3	1150.59 a
Significancia	n. s.
C. V. (%)	16.68

Nota: Tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de Tukey al 5% n. s., no significativo.

La biomasa foliar (Materia seca de la parte aérea, expresada en %) fue mayor en el sustrato S1 (6,99 %) respecto al convencional S2 (6,09 %). No se observaron diferencias significativas en la biomasa radicular. El hidrogel actuó como estabilizador hídrico en sustratos más porosos (Volder y Dvorak, 2014). Este comportamiento sugiere que la eficacia del polímero no depende únicamente de la dosis aplicada, sino también de las propiedades físicas e hídricas del sustrato en el que se incorpora. Los resultados expuestos coinciden con reportes que promueven el uso de fibras vegetales en sistemas urbanos verdes (Bozorg Chenani *et al.*, 2015; Saadatian *et al.*, 2013), integrando sostenibilidad y economía circular. Bajo estas condiciones, el aporte adicional del hidrogel podría resultar menos evidente debido a que el medio de crecimiento ya proporciona una reserva hídrica suficiente para satisfacer las necesidades de la planta. La combinación de un material altamente poroso con un polímero capaz de almacenar agua podría mejorar la disponibilidad hídrica durante periodos prolongados de estrés, incrementando la resiliencia del sistema frente a condiciones climáticas adversas.

El análisis colorimétrico evidenció que las propiedades ópticas foliares de *Aptenia cordifolia* fueron determinadas de manera significativa por el tipo de sustrato. La coloración foliar, mostró mayor luminosidad ($L^* = 49,90^a$) y saturación amarilla ($b^* = 25,4^b$) en las plantas cultivadas en el sustrato convencional S2 en comparación con las cultivadas en el sustrato con fibra

de palma S1 ($L^* = 45,9^b$; ($b^* = 19,7^a$). Fisiológicamente, este patrón se asocia a la estabilidad matricial y mayor retención de humedad en el sustrato convencional, el cual, al mitigar el estrés hídrico transitorio en el techo verde, propició un desarrollo morfológico vigoroso, caracterizado por una mayor expansión del área foliar ($1\,341,14\text{ cm}^2$) y un incremento en el número de brotes en crecimiento ($5,69^a$), factores que alteran mecánicamente el índice de reflexión de la luz global incidente sobre la cutícula de la hoja. Por el contrario, el mayor porcentaje de materia seca de la parte aérea registrado en S1 (6,99 % vs. 6,09 %) podría reflejar una menor hidratación tisular asociada al alto drenaje libre de la fibra de palma generado por una macro-porosidad intergranular que facilita el drenaje bajo gravedad pasiva. No obstante, el agua residual capturada en la micro-porosidad intraestructural de las fibras lignocelulósicas queda retenida bajo potenciales mátricos marcadamente negativos. Aunque este volumen de agua eleva cuantitativamente el porcentaje de retención total del sustrato, su baja difusividad hídrica y alta energía de succión impiden que sea termodinámicamente accesible para el sistema radicular de *Aptenia cordifolia*., respuesta coherente con las estrategias osmoreguladoras documentadas en suculentas CAM bajo déficit hídrico intermitente (Borland *et al.*, 2009) Esto demuestra que en cubiertas verdes extensivas basadas en materiales fibrosos, el volumen total de agua retenida no es un indicador lineal de la hidratación del tejido, siendo el potencial mátrico el verdadero modulador del vigor vegetativo.

Tabla 4.

Efecto de los tipos de sustrato y niveles de hidrogel en los brotes en crecimiento parámetros de color (L , a^* , b^*), materia seca parte aérea, área foliar, longitud radicular, materia seca radicular en la planta *Aptenia cordifolia*.

Tratamiento	Brotes en crecimiento (und)	Luminosidad	Factor a^*	Factor b^*	Materia seca parte aérea (%)	Área foliar	Longitud radicular (cm)	Materia seca radicular (%)
Tipos de sustrato								
S1	2.40 b	45.94 b	-11.68 b	19.7 a	6.99 a	810.18 b	36.41 b	18.77 a
S2	5.69 a	49.90 a	-13.38 a	25.4 b	6.09 b	1341.14 a	45.73 a	17.73 a
Significancia	*	*	**	**	*	*	*	n.s.
Promedio	4.05	47.92	-12.53	22.55	6.54	1075.66	41.07	18.25
C.V (%)	57.91	4.77	5.24	12.23	9.73	41.03	16.77	11.16
Niveles de poliacrilato								
P0	3.81 a	48.27 a	-12.81 a	23.85 a	6.72 a	945.91 a	34.99 b	18.29 a
P1	3.62 a	47.89 a	-12.18 a	22.09 a	6.33 a	1072.23 a	43.13 ab	18.15 a
P2	4.32 a	47.60 a	-12.31 a	21.74 a	6.60 a	1133.9 a	38.41 b	18.73 a
P3	4.43 a	47.92 a	-12.81 a	22.52 a	6.50 a	1150.59 a	47.77 a	17.82 a
Significancia	n.s.	n.s.	ns	ns	n.s.	n.s.	**	n.s.
Promedio	4.05	47.92	-12.53	22.55	6.54	1075.66	41.07	18.25
C.V (%)	42.45	2.35	6.33	7.79	4.85	16.68	12.81	6.74

Nota: Tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de Tukey al 5% y 1%. n.s.: no significativo.

CONCLUSIONES

La fibra de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) modificó significativamente las propiedades físicas del medio de crecimiento para techos verdes extensivos, reduciendo considerablemente la densidad aparente a 0,22 g/cm³ en comparación con el sustrato convencional (0,97 g/cm³). Esta característica representa una ventaja crítica para minimizar la carga muerta en la infraestructura urbana.

Los resultados obtenidos indican que la aplicación de poliacrilato de potasio no produjo efectos estadísticamente significativos sobre las variables morfofisiológicas evaluadas, (área foliar, biomasa aérea,

coloración foliar y número de brotes). No obstante, la dosis máxima (200 g/m²) incrementó significativamente la longitud radicular (47,77 cm vs. 34,99 cm en el control), lo que sugiere un rol como estabilizador hídrico secundario que favorece la arquitectura radicular y el anclaje en sustratos de alta porosidad. La ausencia de diferencias significativas en la mayoría de variables puede explicarse por la propia naturaleza fisiológica de la especie, caracterizada por una elevada tolerancia a condiciones de déficit hídrico debido a su metabolismo CAM y a su capacidad de almacenamiento de agua en tejidos suculentos.

Se valida la viabilidad técnica en el uso de la fibra de palma aceitera como componente de sustratos ultraligeros para techos verdes extensivos. Su implementación exitosa requiere complementar el diseño del sustrato con estrategias de manejo hídrico —ajuste de frecuencia de riego e incorporación de poliacrilato— para garantizar una cobertura vegetal rápida y uniforme durante el establecimiento. *Aptenia cordifolia* se confirma como una especie adecuada para estas condiciones, dada su adaptabilidad fisiológica y capacidad de colonización en sustratos ligeros.

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación fue desarrollada en el marco del Programa de Investigación de Plantas Ornamentales de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Los autores expresan su agradecimiento por el apoyo técnico, logístico y académico brindado durante la ejecución del estudio, así como por las facilidades otorgadas para el uso de las instalaciones y equipos experimentales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aljuboory, A. (2013). Oil palm biomass residue in Malaysia: Availability and sustainability. *Int. J. Biomass Renew.* 2. 13-18. <https://doi.org/10.61762/ijbrvol2iss1art13850>
- Alsubaie, F. S., Srdar, M., Fayraa, O., Alsulami, F. M., Omran, F., y Alamry, K. A. (2025). Development of Eco-Friendly Date Palm Biomass-Based Hydrogels for Enhanced Water Retention in Soil. *Gels*, 11(5), 349. <https://doi.org/10.3390/gels11050349>
- Ahmad, N., Zakaria, M. R., Mohd Yusoff, M. Z., Fujimoto, S., Inoue, H., Ariffin, H., y Shirai, Y. (2018). Subcritical water-carbon dioxide pretreatment of oil palm mesocarp fiber for xylooligosaccharide and glucose production. *Molecules*, 23(6), 1310. <https://doi.org/10.3390/molecules23061310>
- Borland, A.M. (2009). Exploiting the potential of plants with crassulacean acid metabolism for bioenergy production on marginal lands. *Journal of Experimental Botany*, 60(10), 2879–2896. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp118>
- Cakar, H., Akat Saraçoğlu, Ö., Akat, H., Kılıç, C. C., y Adanacioğlu, H. (2023). The potential for using different substrates in green roofs. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 31(1), 44–51. <https://doi.org/10.3846/jeelm.2023.18487>
- Cáreres, N., Robbiati, F. O., Suárez, M., Hick, E. C., Matoff, E., Jim, C. Y., Galetto, L., y Imhof, L. (2024). Growth performance of multi-species plant mixtures on an extensive vegetated roof: A two-year experimental study. *Urban Ecosystems*, 27: 1207–1223. <https://doi.org/10.1007/s11252-023-01498-7>
- Chenani, S., Lehvävirta, S., y Häkkinen, T. (2015). Life cycle assessment of layers of green roofs. *Journal of Cleaner Production*. 90. 153-162. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.070>

- Getter, K. L., y Rowe, D. B. (2006). The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development. *HortScience*, 41(5), 1276–1285. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.41.5.1276>
- Jaffal, I., Ouldboukhite, S. E., y Belarbi, R. (2012). A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance. *Renewable Energy*, 43, 157–164. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.12.004>
- Kader, S.A., Spalevic, V., y Dudic, B. (2024). Feasibility study for estimating optimal substrate parameters for sustainable green roof in Sri Lanka. *Environ Dev Sustain* 26, 2507–2533. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02837-y>
- Kaniapan, S., Hassan, S., Ya, H., Patma Nesan, K., y Azeem, M. (2021). The Utilisation of Palm Oil and Oil Palm Residues and the Related Challenges as a Sustainable Alternative in Biofuel, Bioenergy, and Transportation Sector: A Review. *Sustainability*, 13(6), 3110. <https://doi.org/10.3390/su13063110>
- Khalil, H. A., Jawaid, M., Hassan, A., Paridah, M. T., y Zaidon, A. (2012). A review on oil palm empty fruit bunch fiber-reinforced polymer composite materials. *Polymers and Polymer Composites*, 20(7), 579–595. <https://doi.org/10.5772/48235>
- Khater, R. M. (2015). Effect of hydrogel and antitranspirants treatments on the productivity of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) plant. *Egyptian Journal of Desert Research*, 65(2), 193–214. <https://doi.org/10.21608/ejdr.2015.5950>
- Marodin, B., Schafer, G., Armiliato, A., Sodrziecki, P., Demari, E., y Tedesco, M. (2024). Adaptability of different plant species on an extensive green roof. *Ornamental Horticulture*, 30. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v30.e242691>
- Milla, R. (2021). Construction of green roofs via using the substrates made from humus and green coconut fiber or sugarcane bagasse, *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 22. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2021.100477>
- Otorres, A., y Soto, G. M. (2017). Potassium acrylate: a novelty in hydroponic... CONIIN Proceedings. <https://doi.org/10.1109/CONIIN.2017.7968177>
- Peyrusson, F. (2021). Hydrogels improve plant growth... *Frontiers in Astronomy and Space Sciences*, 8, 729278. <https://doi.org/10.3389/fspas.2021.72978>
- Priera, H. P., Marvin B., Kathleen K. C., Lawren S., y Heather, D. M., (2022). Effects of trehalose and polyacrylate-based hydrogels on tomato growth under drought, *AoB PLANTS*, 14 (4). <https://doi.org/10.1093/aopla/plac030>
- Rahardja, I. B., Rikman, R., y Ramadhan, A. I. (2022). Analysis of heat transfer of fiber mesocarp of palm oil (*Elaeis guineensis* Jacq.) as roof building. *Journal of Applied Sciences and Advanced Technology*, 1(1), 1–8. <https://doi.org/10.24853/jasar.1.1.1-8>

- Hayat, R., y Ali, S. (2004). Water absorption by synthetic polymer (Aquasorb) and its effect on soil properties and tomato yield. *International Journal of Agriculture & Biology*, 6, 998–1002.
- Rowe, D. B. (2011). Green roofs as a means of pollution abatement. *Environmental Pollution*, 159(8–9), 2100–2110. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.10.029>
- Rudzinski, W. E., Dave, A. M., Vaishnav, U. H., Kumbar, S. G., Kulkarni, A. R., y Aminabhavi, T. M. (2002). Hydrogels as controlled release devices in agriculture. *Designed Monomers and Polymers*, 5(1), 39–65. <https://doi.org/10.1163/156855502760151580>
- Saadatian, O., Sopian, K., Salleh, E., Lim, C.H., Riffat, S., Saadatian, E., Toudeshki, A. y Sulaiman, M.Y. (2013). A review of energy aspects of green roofs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 23, 155–168. ISSN 1364-0321. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.02.022>
- Santamouris, M. (2014). Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Solar Energy*. 103: 682–703. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2012.07.003>
- Sroka, K., y Sroka, P. (2024). Superabsorbent hydrogels in the agriculture and reclamation of degraded areas. *Sustainability*, 16(7): 2945. <https://doi.org/10.3390/su16072945>
- Soobhany, N. (2019). Insight into the recovery of nutrients from organic solid waste through biochemical conversion processes for fertilizer production: A review. *Journal of Cleaner Production*, 241, 118413. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118413>
- VanWoert, N.D., Rowe, D.B., Andresen, J.A., Rugh, C.L., y Xiao, L. (2005). Watering Regime and Green Roof Substrate Design Affect Sedum Plant Growth. *HortScience* 40(3): 659–664. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.3.659>
- Volder, A., y Dvorak, B. (2014). Event size, substrate water content and vegetation affect storm water retention efficiency of an un-irrigated extensive green roof system in Central Texas. *Sustainable Cities and Society*, 10, pp. 59-64. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2013.05.005>.

Declaración de roles de autores:

- Anthony Ramírez: Conceptualización, investigación, curación de datos, redacción del borrador original.
- Juan Juscamaita: Supervisión, análisis formal, redacción.
- Alejandro Risco: Visualización, redacción
- Isabel Montes: Visualización, redacción
- Giovanna Rivera: Conceptualización, metodología, supervisión, administración del proyecto, redacción.

Evaluación taxonómica, dendrológica y de conservación de especies leñosas incluidas en CITES en un jardín botánico amazónico del Perú

Taxonomic, dendrological and conservation assessment of CITES-listed woody species in an Amazonian botanical garden in Peru

 Indira Álvarez-Naveros¹

 Edilberto Chuquilin-Bustamante¹

 Jeisson D. Cabos- Sánchez¹

 Anthony J. De La Cruz-Castillo²

ialvareznaveros@gmail.com 

1.- Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú

2.- Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú

Recibido: 23/08/2025

Revisado: 20/09/2025

Aceptado: 15/11/2025

Publicado: 06/01/2026

RESUMEN

La intensificación del comercio de maderas tropicales regulado por CITES y la pérdida de cobertura forestal en la Amazonía demandan evaluaciones integrales de especies leñosas bajo regulación. El objetivo fue evaluar taxonómica, dendrológica y conservacionistamente las especies CITES presentes en el Jardín Botánico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS). Se aplicó un enfoque descriptivo-integrador basado en recolección botánica, herborización, caracterización morfológica y validación taxonómica mediante APG IV, GBIF, POWO y Catalogue of Life, junto con verificación en CITES y UICN. Se registraron 545 individuos, 135 especies, 106 géneros y 41 familias; tres especies (*Dipteryx ferrea*, *Swietenia macrophylla* y *Cedrela odorata*) pertenecen al Apéndice II (2,2 %). Se identificaron diferencias en distribución, estado de conservación y usos. Se concluye que la actualización constituye una línea base clave para la trazabilidad, conservación y gestión, destacando la necesidad de armonización taxonómica y monitoreo.

Palabras clave: CITES, dendrología, taxonomía, conservación, Amazonía.

ABSTRACT

The intensification of tropical timber trade regulated by CITES, together with ongoing forest cover loss in the Amazon, calls for comprehensive assessments of regulated woody species. The aim of this study was to evaluate the taxonomic, dendrological, and conservation status of CITES-listed species present in the Botanical Garden of the National Agrarian University of the Selva (UNAS). A descriptive-integrative approach was applied, including botanical collection, herbarium preparation, morphological characterization,



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) International License

Rev. Investigaciones ULCB. Ene - Jul.13(1), 2026; ISSN: 2409 - 1537;64-74

and taxonomic validation using APG IV, GBIF, POWO, and the Catalogue of Life, along with verification against CITES and IUCN frameworks. A total of 545 individuals representing 135 species, 106 genera, and 41 families were recorded; three species (*Dipteryx ferrea*, *Swietenia macrophylla*, and *Cedrela odorata*) are included in Appendix II (2.2%). Differences in distribution, conservation status, and uses were identified. It is concluded that this update provides a key baseline for traceability, conservation, and management, highlighting the need for taxonomic harmonization and monitoring.

Keywords: CITES, dendrology, taxonomy, conservation, Amazon.

INTRODUCCIÓN

La intensificación del comercio internacional de especies forestales y la creciente presión sobre los ecosistemas amazónicos han incrementado la necesidad de contar con sistemas de información taxonómica, ecológica y normativa altamente precisos y actualizados. En este contexto, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) se constituye como el principal instrumento internacional para regular el comercio de especies amenazadas, estableciendo mecanismos de control basados en listados dinámicos y criterios de sostenibilidad (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres [CITES], 2025). La reciente actualización de sus apéndices y anotaciones ha reforzado la necesidad de disponer de inventarios locales estandarizados que permitan garantizar la trazabilidad y legalidad del aprovechamiento de especies maderables.

Paralelamente, los jardines botánicos han adquirido un rol estratégico en la conservación de la biodiversidad, al funcionar como sistemas integrados de conservación ex situ, investigación y educación ambiental. A nivel global, instituciones coordinadas por Botanic Gardens Conservation International han enfatizado la importancia de la interoperabilidad entre colecciones vivas, herbarios y bases de

datos taxonómicas, con el fin de mejorar la gestión del conocimiento y la toma de decisiones en conservación (Botanic Gardens Conservation International [BGCI], 2023 y Smith, 2018). Sin embargo, persisten limitaciones asociadas a la heterogeneidad de sistemas taxonómicos y a la falta de estandarización en la información biológica.

En este sentido, la taxonomía moderna enfrenta el desafío de integrar múltiples marcos de clasificación. El sistema APG IV ha propuesto una reorganización filogenética basada en evidencia molecular, redefiniendo relaciones entre órdenes y familias de angiospermas (The Angiosperm Phylogeny Group [APG], 2016). No obstante, plataformas ampliamente utilizadas como Global Biodiversity Information Facility (GBIF) y Plants of the World Online (POWO) presentan variaciones en niveles taxonómicos superiores y en la gestión de sinónimos, lo que dificulta la interoperabilidad de datos y la consistencia en registros científicos (Global Biodiversity Information Facility [GBIF], 2025 y Royal Botanic Gardens, Kew, 2025). Estas discrepancias, aunque no afectan la validez nomenclatural, representan un desafío operativo en contextos de monitoreo, regulación y conservación.

A nivel nacional, el Perú enfrenta una creciente presión sobre sus bosques amazónicos, evidenciada por la pérdida de

cobertura forestal documentada por plataformas como Geobosques, lo que incrementa la vulnerabilidad de especies de alto valor económico y ecológico (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2021; Geobosques–MINAM, 2024). En este escenario, especies como *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata* y *Dipteryx ferrea* presentan particular relevancia debido a su inclusión en el Apéndice II de CITES y su alta demanda en mercados internacionales, lo que ha generado impactos significativos sobre sus poblaciones naturales (CITES, 2022; Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR], 2022).

El Jardín Botánico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) constituye un espacio idóneo para abordar estas problemáticas, al albergar una colección representativa de flora amazónica que integra diversidad taxonómica, funcional y ecológica. No obstante, la información disponible sobre las especies CITES presentes en esta colección presenta limitaciones en términos de actualización taxonómica, caracterización morfológica y articulación con marcos normativos internacionales, lo que restringe su utilidad para fines de investigación, gestión y conservación.

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo realizar una evaluación taxonómica, dendrológica y de conservación de las especies leñosas incluidas en CITES presentes en el Jardín Botánico de la UNAS, integrando información morfológica, biogeográfica, normativa y de uso, con el propósito de generar una línea base estandarizada que contribuya a la trazabilidad, conservación y manejo sostenible de estas especies en el contexto amazónico peruano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se desarrolló en el Jardín Botánico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), ubicado en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, Perú ($9^{\circ}18'18''$ S; $76^{\circ}00'17''$ O), a una altitud aproximada de 647 m.s.n.m.

El área se caracteriza por un clima tropical húmedo, con temperatura media anual de $25,59^{\circ}\text{C}$, temperatura máxima promedio de $30,67^{\circ}\text{C}$ y mínima de $20,54^{\circ}\text{C}$. La humedad relativa promedio alcanza $78,94\%$ y la precipitación anual acumulada es de $3\,207,70\text{ mm}$, lo que configura condiciones típicas de bosque húmedo tropical amazónico (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2022).

Diseño de la investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque descriptivo-integrador, orientado a la evaluación taxonómica, dendrológica y de conservación de especies leñosas incluidas en los Apéndices de CITES presentes en la colección viva del Jardín Botánico UNAS.

El diseño fue no experimental y de carácter transversal, basado en la recolección, sistematización y validación de información botánica, taxonómica y normativa sin manipulación de variables. Este enfoque permitió integrar múltiples fuentes de información (campo, herbarios y bases de datos internacionales) para generar una línea base estandarizada y verificable.

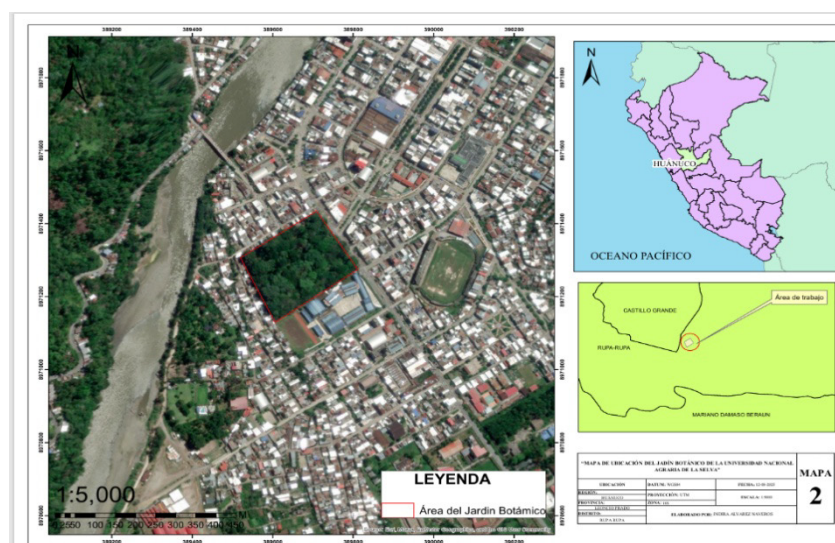


Figura 1: Ubicación geográfica de la zona de estudio.

Material biológico y unidades de análisis

La unidad de análisis estuvo constituida por las especies leñosas incluidas en los Apéndices de CITES presentes en la colección viva del Jardín Botánico UNAS.

El universo de estudio comprendió 545 individuos correspondientes a 135 especies, 106 géneros y 41 familias. A partir de este conjunto, se identificaron tres especies reguladas por CITES: *Dipteryx ferrea*, *Swietenia macrophylla* y *Cedrela odorata*, las cuales fueron objeto de evaluación detallada.

Recolección y procesamiento de muestras

Se realizaron colectas botánicas dirigidas de acuerdo con criterios dendrológicos y fenológicos, priorizando individuos con estructuras reproductivas (flores y/o frutos) para asegurar una identificación taxonómica confiable.

Las muestras fueron prensadas siguiendo el método estándar (disposición haz-envés), secadas en estufa a 70 °C durante 72 horas y montadas en cartulina con

etiquetas completas. La identificación fue corroborada por especialistas, garantizando la validez taxonómica del material.

Validación taxonómica

La validación taxonómica se realizó mediante la triangulación de información en bases de datos internacionales:

- The Angiosperm Phylogeny Group IV (APG IV)
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF)
- Plants of the World Online (POWO)
- Catalogue of Life

Se verificaron nombres aceptados, sinónimos y jerarquía taxonómica, adoptando APG IV como sistema de referencia principal. Este proceso permitió armonizar discrepancias entre plataformas y asegurar la consistencia nomenclatural.

Caracterización dendrológica

La caracterización dendrológica incluyó la descripción de caracteres vegetativos y reproductivos:

- Hojas (tipo, disposición, morfología)
- Tallo y corteza
- Flores e inflorescencias
- Frutos y semillas

Las descripciones se realizaron mediante observación directa en campo y comparación con literatura especializada (Cordero y Boshier, 2003; Reynel *et al.*, 2003 y García-Davila *et al.*, 2020), permitiendo identificar rasgos diagnósticos y variaciones ontogenéticas relevantes.

Análisis de distribución geográfica

La distribución geográfica de las especies se determinó mediante revisión bibliográfica y consulta de bases de datos internacionales (POWO, GBIF) y literatura especializada en flora amazónica.

Se consideraron patrones de distribución regional, rango altitudinal, preferencias ecológicas y hábitats asociados, con énfasis en su presencia en el territorio peruano.

Evaluación del estado de conservación

El estado de conservación fue evaluado mediante la revisión de:

- Listas oficiales de CITES (Apéndices I, II y III)
- Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)
- Normativa nacional (MINAM, SERFOR)

Se registró la categoría de amenaza, tendencias poblacionales y regulaciones de comercio, integrando esta información en fichas técnicas por especie.

Identificación de usos

Los usos de las especies fueron determinados mediante:

- Revisión de literatura especializada
- Análisis de información etnobotánica
- Entrevistas semiestructuradas a personal técnico

Se clasificaron los usos en categorías: maderable, medicinal, ornamental y otros, considerando además su relevancia económica y ecológica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición florística y representación de especies CITES

En el Jardín Botánico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) se registraron 545 individuos correspondientes a 135 especies, 106 géneros y 41 familias. De este conjunto, tres especies leñosas se encuentran incluidas en el Apéndice II de CITES: *Dipteryx ferrea*, *Swietenia macrophylla* y *Cedrela odorata*, las cuales representan el 2,2 % de la riqueza total documentada. Esta baja representación de especies CITES dentro de la colección viva del Jardín Botánico UNAS refleja una marcada diferencia entre la riqueza florística local y la proporción de especies sometidas a regulación internacional, patrón que coincide con estudios que evidencian que solo un subconjunto reducido de especies tropicales de alto valor comercial es incorporado en mecanismos regulatorios globales, a pesar de la elevada diversidad biológica de los ecosistemas amazónicos (CITES, 2025 y MINAM, 2021).

Actualización taxonómica

La comparación entre APG IV, GBIF, POWO y Catalogue of Life mostró coincidencia en la asignación taxonómica a nivel de orden y familia para las tres especies evaluadas. *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla* fueron ubicadas consistentemente en Meliaceae–Sapindales,

mientras que *Dipteryx ferrea* fue reconocida en Fabaceae–Fabales. Sin embargo, se identificaron discrepancias en los niveles supraordinales y supragenéricos, particularmente en las categorías de filo, clase y subclase, así como variaciones en la presentación de sinónimos y autores botánicos entre plataformas (Tabla 1).

Tabla 4.

Actualización taxonómica comparativa de Cedrela odorata, Swietenia macrophylla y Dipteryx ferrea según APG IV, GBIF, POWO y Catalogue of Life.

Sistema	Reino	Filo / Clado	Clase / Subclase	Orden	Familia	Género	Especie (autor)
APG IV (2016)	Plantae	Angiosperms Eudicots Rosids	—	Sapindales	Meliaceae	Cedrela	<i>Cedrela odorata</i> L.
GBIF (2025)	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Sapindales	Meliaceae	Cedrela P. Browne	<i>Cedrela odorata</i> L.
POWO (2025)	Plantae	Streptophyta	Equisetopsida Magnoliidae	Sapindales	Meliaceae	Cedrela	<i>Cedrela odorata</i> L.
Catalogue of Life (2025)	Plantae	Tracheophyta (Subreino: Pteridobiotina)	Magnoliopsida	Sapindales	Meliaceae (Subfamilia: Cedreloideae)	Cedrela P. Browne	<i>Cedrela odorata</i> L.
APG IV (2016)	Plantae	Angiosperms Eudicots Rosids	—	Sapindales	Meliaceae	Swietenia	<i>Swietenia macrophylla</i> King
GBIF (2025)	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Sapindales	Meliaceae	Swietenia Jacq.	<i>Swietenia macrophylla</i> G. King
POWO (2025)	Plantae	Streptophyta	Equisetopsida Magnoliidae	Sapindales	Meliaceae	Swietenia	<i>Swietenia macrophylla</i> King
Catalogue of Life (2025)	Plantae	Tracheophyta (Subreino: Pteridobiotina)	Magnoliopsida	Sapindales	Meliaceae (Subfamilia: Cedreloideae)	Swietenia Jacq.	<i>Swietenia macrophylla</i> G. King
APG IV (2016)	Plantae	Angiosperms Eudicots Rosids	—	Fabales	Fabaceae	Dipteryx	<i>Dipteryx ferrea</i> (Ducke) Ducke
GBIF (2025)	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	Dipteryx Schreb.	<i>Dipteryx ferrea</i> (Ducke) Ducke
POWO (2025)	Plantae	Streptophyta	Equisetopsida Magnoliidae	Fabales	Fabaceae	Dipteryx	<i>Dipteryx ferrea</i> (Ducke) Ducke
Catalogue of Life (2025)	Plantae	Tracheophyta (Subreino: Pteridobiotina)	Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	Dipteryx Schreb.	<i>Dipteryx ferrea</i> (Ducke) Ducke

Nota: La Tabla 1 resume las diferencias y coincidencias entre las principales plataformas taxonómicas empleadas. Aunque los nombres aceptados de las especies permanecen estables, la heterogeneidad en las jerarquías superiores evidencia la necesidad de armonizar criterios taxonómicos cuando estas especies son utilizadas en inventarios institucionales, colecciones botánicas y sistemas de trazabilidad regulatoria.

El análisis comparativo confirma que estas discrepancias entre APG IV, GBIF, POWO y Catalogue of Life no recaen en la identidad específica, sino en la estructuración de los niveles taxonómicos superiores. Esta situación ha sido documentada como una limitación recurrente en la interoperabilidad de bases de datos biológicas, donde diferentes marcos conceptuales generan inconsistencias en la clasificación jerárquica (APG, 2016; GBIF, 2025; Royal Botanic Gardens, Kew, 2025). En este sentido, la necesidad de implementar “puentes taxonómicos” ha sido ampliamente reconocida como una estrategia clave para integrar información proveniente de múltiples fuentes y mejorar la trazabilidad en contextos regulatorios (BGCI, 2023; Smith, 2018).

Caracterización dendrológica

Las tres especies presentaron caracteres diagnósticos suficientemente consistentes para su identificación en campo y en material herborizado. *Cedrela odorata* mostró hojas paripinnadas con 5–11 pares de foliolos, cápsulas leñosas dehiscentes y corteza fisurada; *Swietenia macrophylla* presentó hojas paripinnadas con 3–6 pares de foliolos, frutos capsulares grandes y semillas aladas; y *Dipteryx ferrea* se distinguió por el fuste con aletas basales, corteza interna con vetas anaranjadas, foliolos ovalados y frutos indehiscentes. A pesar de las variaciones morfométricas entre fuentes, los rasgos estructurales principales permanecieron constantes y permitieron una delimitación confiable. Esta consistencia respalda el valor de la morfología como herramienta fundamental para la identificación de especies leñosas tropicales, hallazgo que coincide con estudios dendrológicos en bosques amazónicos que destacan la utilidad de caracteres vegetativos y reproductivos en la delimitación taxonómica,

incluso frente a variaciones ontogenéticas y ambientales (Cordero y Boshier, 2003; Reynel *et al.*, 2003; Gillerot *et al.*, 2022; Fadrique *et al.*, 2026 y García-Davila *et al.*, 2020).

Distribución geográfica

Cedrela odorata y *Swietenia macrophylla* presentaron una distribución neotropical amplia, con registros desde Centroamérica hasta Sudamérica y presencia confirmada en diversos departamentos del Perú. En contraste, *Dipteryx ferrea* mostró una distribución más restringida, asociada principalmente a ecosistemas amazónicos de tierras bajas no inundables y áreas próximas a sistemas fluviales. Esta diferencia biogeográfica tiene implicancias directas en la vulnerabilidad de las especies: diversos estudios han señalado que aquellas con distribución geográfica amplia presentan mayor resiliencia frente a perturbaciones, mientras que las de distribución limitada son más susceptibles a procesos de degradación y fragmentación del hábitat (Grogan *et al.*, 2016; Pitman *et al.*, 2001; Honorio *et al.*, 2015).

Estado de conservación y regulación

Las especies evaluadas presentan diferentes categorías de conservación según la UICN: *Dipteryx ferrea* como Preocupación Menor (LC), *Swietenia macrophylla* como En Peligro (EN) y *Cedrela odorata* como Vulnerable (VU). Las tres están incluidas en el Apéndice II de CITES, lo que implica regulación del comercio internacional mediante permisos, trazabilidad y verificación del origen legal. La categorización de *Swietenia macrophylla* como especie en peligro confirma el impacto histórico de la sobreexplotación maderera en la región neotropical, situación ampliamente documentada en literatura científica

y reportes institucionales (CITES, 2003; Barstow y Negrão, 2023). En el caso de *Cedrela odorata*, su condición de Vulnerable se asocia a la presión extractiva y pérdida de hábitat, mientras que *Dipteryx ferrea*, aunque clasificada como de menor preocupación, presenta características ecológicas como crecimiento lento que incrementan su susceptibilidad frente a la explotación selectiva (SERFOR, 2022 y CITES, 2022).

Usos de las especies

Las tres especies poseen alto valor económico y funcional. *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla* son ampliamente utilizadas en ebanistería, carpintería fina, construcción ligera e instrumentos musicales, mientras que *Dipteryx ferrea* se emplea en estructuras de alta resistencia, pisos y elementos constructivos, destacando además su potencial de almacenamiento de carbono. Asimismo, se documentaron usos medicinales tradicionales para las tres especies. Estos usos evidencian la alta presión antrópica sobre las especies, particularmente en el sector maderable: estudios previos han demostrado que la demanda internacional de especies como *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla* ha impulsado procesos de extracción intensiva, afectando su estructura poblacional (Cordero y Boshier, 2003 y Reynel *et al.*, 2003). Por otro lado, el reconocimiento del potencial de *Dipteryx ferrea* como sumidero de carbono refuerza su importancia en estrategias de mitigación del cambio climático, aspecto destacado en investigaciones sobre dinámica forestal amazónica (Goodman *et al.*, 2012).

En conjunto, estos resultados evidencian la necesidad de integrar enfoques taxonómicos, ecológicos y normativos para

fortalecer la gestión de especies CITES, así como el papel estratégico de los jardines botánicos como plataformas para la conservación ex situ, la generación de conocimiento científico y la implementación de sistemas de trazabilidad en contextos amazónicos (BGCI, 2023 y CITES, 2025).

CONCLUSIONES

Se determinó que las especies leñosas incluidas en CITES presentes en el Jardín Botánico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (*Dipteryx ferrea*, *Swietenia macrophylla* y *Cedrela odorata*) representan una proporción reducida de la riqueza florística total (2,2 %), evidenciando una marcada discrepancia entre la diversidad local y la representación de especies bajo regulación internacional.

La comparación entre sistemas taxonómicos (APG IV, GBIF, POWO y Catalogue of Life) evidenció consistencia en la identidad específica y en los niveles de orden y familia, pero divergencias en las jerarquías superiores, lo que confirma la necesidad de implementar mecanismos de armonización taxonómica que garanticen la interoperabilidad de datos en contextos científicos y regulatorios.

La caracterización dendrológica permitió validar rasgos diagnósticos confiables para la identificación de las especies evaluadas, confirmando la vigencia de la morfología como herramienta clave en la delimitación taxonómica de especies leñosas tropicales, incluso frente a variabilidad ontogenética y ambiental.

Las diferencias en distribución geográfica y estado de conservación evidencian patrones contrastantes de vulnerabilidad: mientras *Swietenia macrophylla* y

Cedrela odorata presentan amplia distribución, pero alta presión extractiva, *Dipteryx ferrea* muestra una distribución más restringida y características ecológicas que incrementan su susceptibilidad frente a la explotación.

Los usos identificados, principalmente en el ámbito maderable, explican la presión antrópica sobre estas especies; sin embargo, su valor ecológico, especialmente en el caso de *Dipteryx ferrea* como potencial sumidero de carbono, resalta la

necesidad de integrar criterios de sostenibilidad en su manejo.

La integración de información taxonómica, dendrológica, biogeográfica y normativa permitió establecer una línea base estandarizada que fortalece la trazabilidad, el monitoreo y la gestión de especies CITES en colecciones vivas, posicionando a los jardines botánicos como espacios estratégicos para la conservación ex situ y la generación de conocimiento aplicado en contextos amazónicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). (2003). *Swietenia macrophylla*. <https://www.cites.org>
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). (2022). *CoP19 Prop. 47: Inclusion of Dipteryx spp. in Appendix II*. <https://www.cites.org>
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). (2025). *Appendices I, II and III*. <https://www.cites.org>
- Botanic Gardens Conservation International (BGCI). (2023). *Global strategy for plant conservation*. <https://www.bgci.org>
- Cordero, J., y Boshier, D. (2003). *Árboles de Centroamérica: Un manual para extensionistas*. CATIE.
- Fadrique, B., Costa, F., Cuesta, F., Arellano, G., Cayuela, L., Baker, T. R., Draper, F. C., Esquivel-Muelbert, A., ter Steege, H., Bauters, M., Aguirre-Gutiérrez, J., Aguirre-Mendoza, Z., Alexiades, M. N., Alvarez-Davila, E., Arets, E., Ayala, E., Aymard, C. G. A., Baccaro, F., Báez, S., ... Phillips, O. L. (2026). *Tree diversity is changing across tropical Andean and Amazonian forests in response to global change*. *Nature Ecology & Evolution*, 10(2), 267–280. <https://doi.org/10.1038/s41559-025-02956-5>
- Gillerot, L., Landuyt, D., Oh, R., Chow, W., Haluza, D., Ponette, Q., Jactel, H., Bruehlheide, H., Jaroszewicz, B., Scherer-Lorenzen, M., De Frenne, P., Muys, B., y Verheyen, K. (2022). Forest structure and composition alleviate human thermal stress. *Global Change Biology*, 28, 7340–7352. <https://doi.org/10.1111/gcb.16419>
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF). (2025). *GBIF backbone taxonomy*. <https://www.gbif.org>

- Goodman, R. C., Phillips, O. L., y Baker, T. R. (2012). The importance of crown dimensions to improve tropical tree biomass estimates. *Ecological Applications*, 24(4), 680–698.
- Grogan, J., Free, C. M., y Landis, R. M. (2016). Overharvesting drives demographic decline of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) populations in the Brazilian Amazon. *Biological Conservation*, 203, 202–211.
- Honorio, E.N., Dexter, K.G., Pennington, R.T., Chave, J., Lewis, S.L., Alexiades, M.N., Alvarez, E., Alves de Oliveira, A., Amaral, I.L., Araujo-Murakami, A., Arets, E.J.M.M., Aymard, G.A., Baraloto, C., Bonal, D., Brien, R., Cerón, C., Cornejo Valverde, F., Di Fiore, A., Farfan-Rios, W.,... Phillips, O.L. (2015), Phylogenetic diversity of Amazonian tree communities. *Diversity Distrib.*, 21: 1295-1307. <https://doi.org/10.1111/ddi.12357>
- García-Davila, C., Aldana-Gomero, D., Renno, J.-F., Díaz-Soria, R., Hidalgo-Pizango, G., Flores-Llampazo, G., Castro-Ruiz, D., Mejía de Loayza, E., Angulo-Chavez, C., Mader, M., Tysklind, N., Paredes-Villanueva, K., del Castillo-Torres, D., Degen, B., y Honorio-Coronado, E. N. (2020). Molecular evidence for three genetic species of *Dipteryx* in the Peruvian Amazon. *Genetica*, 148(1), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s10709-019-00082-2>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2021). *Geobosques: Monitoreo de la cobertura de bosques amazónicos*. <https://geobosques.minam.gob.pe>
- Pitman, N. C. A., Terborgh, J. W., Silman, M. R., Núñez V., P., Neill, D. A., Cerón, C. E., Palacios, W. A., y Aulestia, M. (2001). Dominance and distribution of tree species in upper Amazonian terra firme forests. *Ecology*, 82(8), 2101–2117. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2001\)082\[2101:DADOTS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2001)082[2101:DADOTS]2.0.CO;2)
- Reynel, C., Pennington, T. D., y Pennington, R. T. (2003). *Árboles útiles de la Amazonía peruana*. Herbario de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Royal Botanic Gardens, Kew. (2025). *Plants of the World Online (POWO)*. <https://powo.science.kew.org>
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). (2022). *Cuotas de exportación de especies forestales maderables*. <https://www.serfor.gob.pe>
- Smith, P. (2018). Botanical gardens and the conservation of plant diversity. *Plant Diversity*, 40(4), 181–188.
- The Angiosperm Phylogeny Group (APG). (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1–20.
- Barstow, M., y Negrão, R. (2023). *Swietenia macrophylla*. The IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org>
- Catalogue of Life. (2025). *Catalogue of Life database*. <https://www.catalogueoflife.org>

Declaración de roles de autores:

- Indira Álvarez Naveros: Administración del proyecto, conceptualización, investigación, redacción
- Edilberto Chuquilin Bustamante: Conceptualización, investigación, supervisión
- Jeisson David Cabos Sánchez: metodología, validación, curación de datos
- Anthony J. De La Cruz-Castillo: Análisis formal, validación

Modelo matemático para la estimación de la capacidad de producción de Artemia basado en la demanda en sistemas acuícolas bajo condiciones de incertidumbre

Mathematical model for estimating Artemia production capacity based on demand in aquaculture systems under uncertainty conditions

 Hilda Oquendo-Ferrer¹

 Luis B. Ramos-Sánchez¹

 Madelaine Vasallo-Conde¹

 Gualberto León-Revelo²

hilda.oquendo@reduc.edu.cu 

1.- Universidad de Camagüey. Camagüey, Cuba

2.- Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Carchi, Ecuador

Recibido: 01/07/2025

Revisado: 02/09/2025

Aceptado: 23/11/2025

Publicado: 06/01/2026

RESUMEN

La *Artemia spp.* constituye el alimento vivo más utilizado en la acuicultura, especialmente en las fases larvales de peces y camarones, donde influye directamente en su supervivencia y crecimiento. El presente estudio propone un modelo matemático para estimar la capacidad de producción de Artemia en función de la demanda proyectada en sistemas acuícolas. El modelo integra la estimación de la demanda a partir de la producción de peces y camarones, el rendimiento productivo del sistema y un enfoque clásico de planificación de capacidades bajo condiciones de incertidumbre en la demanda y financiera, estimando la capacidad de la planta, el tiempo al que debe realizarse la primera expansión y la capacidad de esta, para diferentes escenarios financieros. Se presenta un estudio de caso basado en sistemas productivos de la provincia de Camagüey, considerando escenarios para camarones y para peces, específicamente para la tilapia. Los resultados evidencian que la capacidad productiva disponible es insuficiente para satisfacer la demanda proyectada por lo que se deben aplicar vías de explotación intensiva de los cultivos. El enfoque propuesto constituye una herramienta útil para la planificación estratégica y la toma de decisiones en sistemas acuícolas.

Palabras clave: Artemia, acuicultura, capacidad de producción, modelación matemática, demanda

ABSTRACT

Artemia spp. is the most widely used live feed in aquaculture, especially in the larval stages of fish and shrimp, where it directly influences their survival and growth. This



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Rev. Investigaciones ULCB. Ene - Jul.13(1), 2026; ISSN: 2409 - 1537;75-84

study proposes a mathematical model to estimate Artemia production capacity based on projected demand in aquaculture systems. The model integrates demand estimation from fish and shrimp production, system productivity, and a classic capacity planning approach under conditions of demand and financial uncertainty. It calculates the plant's capacity, the timeframe for expansion, and the capacity of this expansion. A case study based on production systems in the province of Camagüey is presented, considering scenarios for shrimp and fish, specifically tilapia. The results show that the available production capacity is insufficient to meet projected demand, thus necessitating the implementation of intensive farming methods. The proposed approach is a useful tool for strategic planning and decision-making in aquaculture systems.

Keywords: Artemia, aquaculture, production capacity, mathematical modeling, demand

INTRODUCCIÓN

La acuicultura global depende en gran medida de la disponibilidad de Artemia como alimento vivo. Su uso es indispensable en criaderos debido a su contenido proteico, perfil lipídico y facilidad de digestión. Sin embargo, la disponibilidad de Artemia es limitada y su producción presenta variabilidad, lo que genera un reto para la planificación productiva.

La Artemia es utilizada ampliamente en la industria acuícola en desarrollo creciente y sostenido. Constituye un factor limitante en la expansión acuícola, siendo el alimento vivo más importante en los criaderos. Su demanda global es sostenida y creciente. Existen limitaciones en la producción que afectan la cadena de suministro (Madkour *et al.*, 2022).

Dentro de las estrategias para aumentar la biomasa y producción de quistes es necesario considerar la influencia de la alimentación y las condiciones ambientales, la optimización de densidad de cultivo y la mejora de productividad bajo condiciones controladas. El rendimiento es altamente variable y optimizable (Rahman *et al.*, 2025).

En documento técnico de la FAO, ampliamente citado se establecen las bases biológicas de la Artemia, los factores ambientales críticos y las limitaciones naturales del sistema, concluyendo también que la producción depende fuertemente de variables ambientales (FAO, 1996).

Un estudio realizado durante cuatro años sobre la producción industrial de la Artemia: los métodos intensivos y semi-intensivos, la eficiencia productiva y la escalabilidad, mostró que la producción se puede escalar, pero con límites técnicos (Zmora *et al.*, 2002).

Un análisis de las tendencias actuales en investigaciones, destacan las nuevas técnicas de cultivo, estudios sobre el enriquecimiento nutricional y las innovaciones tecnológicas, destacándose que existen oportunidades para mejorar eficiencia y calidad tanto en la producción de la Artemia como su uso como alimento en los criaderos de otras especies acuícolas (Azra *et al.*, 2022).

El objetivo de este estudio es proponer un modelo que permita estimar la capacidad de producción de Artemia con-

siderando la incertidumbre en la demanda derivada de la producción de peces y camarones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Demanda de Artemia

La demanda total de Artemia se define como:

$$D = P \cdot FCR \cdot \alpha$$

Donde:

D: demanda de Artemia

P: producción acuícola

FCR: índice de conversión alimenticia

α : proporción de Artemia en la dieta

2.2 Modelo de capacidad bajo incertidumbre

Para determinar la capacidad de producción de la planta se propone aplicar el siguiente método de cálculo de las capacidades óptimas de las plantas considerando la incertidumbre en la demanda.

Se emplea el procedimiento metodológico para la determinación de capacidades óptimas de inversiones y ampliaciones en condiciones de incertidumbre desarrollado por los clásicos (Rudd y Watson, 1968).

Se parte de que la proyección de la demanda en el tiempo tiene un comportamiento lineal y de que existe una demanda para ese producto:

$$D = D_0 + a\theta$$

Donde a es la pendiente, θ es el tiempo y D_0 es la demanda inicial.

Determinación de la capacidad inicial recomendada:

$$Q_i = D_0 + Fsd \cdot a / i$$

Donde: i es la tasa de interés financiero, Fsd es el factor de sobre diseño, Q_i la ca-

pacidad, a es la pendiente y D_0 demanda inicial.

En la elección del factor de sobre-diseño, hay que considerar la fiabilidad de los equipos y datos históricos del tipo de proceso.

Determinación del tiempo al que debe realizarse la primera expansión:

$$\theta = ((Q_i - D_0) / a)$$

Donde: Q_i es la capacidad inicial, D_0 la demanda inicial, a es la pendiente y θ es el tiempo de expansión.

Determinación de la capacidad de la expansión:

$$Q^* = a / i$$

Donde: Q^* es la capacidad, a es la pendiente e i es la tasa de interés financiero.

Los clásicos describieron este procedimiento (Rudd y Watson, 1968), aplicado a la demanda, es decir, consideraron la incertidumbre por las variaciones en la demanda y puede ser aplicado, como plantean los autores, a otros casos como las predicciones en los precios, costos, la energía, capacidad del mercado y otros, siempre que se pueda tratar el crecimiento como un modelo lineal.

Ha sido empleado para considerar la incertidumbre en la disponibilidad de materia prima de la industria de la caña de azúcar en las producciones de etanol, si se demuestra que las proyecciones de los crecimientos de caña en el tiempo tienen un comportamiento lineal y, por tanto, las cantidades de miel, bagazo, cachaza, que son las materias primas fundamentales (Oquendo-Ferrer *et al.*, 2016) y para determinar las capacidades de las plantas de producción de alimento animal a partir de la disponibilidad de las materias primas, fundamentalmente miel y las necesidades de alimento

del ganado en la provincia de Camagüey (Oquendo-Ferrer *et al.*, 2020).

Estimación de la producción anual de biomasa y de quistes

El método desarrollado por los clásicos (Rudd y Watson, 1968) para la estimación de la capacidad considerando la incertidumbre en la demanda puede aplicarse también a la incertidumbre en la disponibilidad de materia prima siempre y cuando se pruebe que el modelo tiene un comportamiento lineal, lo cual es válido para la disponibilidad de Artemia, pero en este caso se consideró más conveniente utilizar la ecuación desarrollada por Ramos y colaboradores (Ramos-Sánchez *et al.*, 2025) que involucra no sólo la producción anual de quistes y biomasa, sino la infraestructura existente y datos de productividad y tiempos específicos para la producción de estos, lo cual se presenta en la siguiente ecuación:

$$P_a \text{Asd} = I_{ps} \text{Tpa}$$

Donde:

P_a - producción anual de quistes secos o de biomasa (t/a).

I_{ps} - índice de productividad superficial de quistes secos o de biomasa húmeda (t ha⁻¹ mes⁻¹).

Asd - Superficie de estanques disponibles (ha) para la producción de biomasa y quistes.

Tpa - tiempo de producción anual disponible para la producción de los quistes y de la biomasa (meses/ año).

Las consideraciones, resultados y análisis están expuestas por Ramos *et al.* en el artículo de Estimación real de la biomasa en la Salina “El Real” de la provincia de Camagüey (Ramos-Sánchez *et al.*, 2025).

Este es un modelo logístico que permite capturar la dinámica de crecimiento y las limitaciones del sistema productivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se trabajó con información de la empresa de camarones CULTISUR y la empresa PESCACAM, de la provincia de Camagüey.

3.1 Cálculo de la capacidad de producción de Artemia, atendiendo a la demanda en camarones.

Según el análisis de determinación de la capacidad óptima de la planta a partir de la proyección en la demanda y los intereses financieros, desarrollada por los clásicos (Rudd y Watson, 1968) y aplicada por otros autores (Oquendo-Ferrer *et al.*, 2016) y (Oquendo-Ferrer *et al.*, 2020) se aplicó a la capacidad de producción de Artemia.

El índice de conversión alimenticia (FCR) es un indicador que se utiliza habitualmente, que mide la eficacia del pienso suministrado y que puede ser aplicado también en la acuicultura:

$$\text{FCR} = (\text{Pienso suministrado}) / (\text{Ganancia de peso del animal})$$

Se recomienda en la literatura especializada sobre Acuicultura un factor para camarones entre 1,6 y 1,8, para peces entre 1,4 y 1,8 (TECHNA, 2026).

Por otra parte, la Unidad Empresarial de Base para el Cultivo del Camarón (UEB CULTISUR), dedicada al cultivo de camarón, actualmente la especie denominada *Litopenaeus Vannamei*, se dedica fundamentalmente a la exportación y ha logrado un aporte económico importante al país, Después del 2020 la producción de camarones se ha limitada disminuido considerablemente debido a la reducción de

recursos y los efectos producidos por la pandemia de la covid-19 sobre la economía mundial.

La causa principal de la baja producción está muy relacionada con la falta de recursos y la situación económica del país para contratar el pienso que se

necesita y es conveniente realizar un estudio de tendencias en la organización para buscar vías intensivas de producción (Puentes-Vasconcellos *et al.*, 2021).

Para alcanzar la producción de camarones prevista se calcula la demanda de Artemia en el pienso.

Tabla 1.

Proyección de la demanda de Artemia para la producción de camarones en el periodo 2025-2030.

Años	Producción de camarón t/a	FCR	Demanda de Artemia t/a
2025	4 442,23	1,6	7 107,57
2026	5 108,57	1,6	8 173,71
2027	5 874,85	1,6	9 399,76
2028	6 756,08	1,6	10 809,73
2029	7 769,48	1,6	12 431,17
2030	8 934,91	1,6	14 295,86

Se realizó el ajuste del modelo para la estimación de la demanda en función de la producción real, que se muestra en la fi-

gura y se estima la capacidad óptima de la planta:

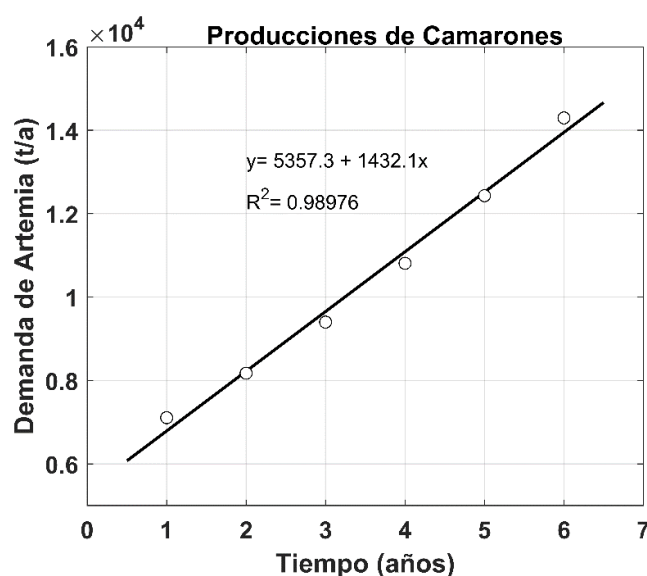


Figura 1: Modelo para la estimación de la capacidad de producción de Artemia considerando la incertidumbre en la producción de camarones.

Fuente: Los datos fueron aportados por la Empresa CULTISUR de la provincia de Camagüey.

Para el modelo obtenido y validado estadísticamente, a partir de la proyección de la demanda, se consideraron tres escenarios para el interés y se calcularon los parámetros de capacidad inicial óp-

tima de la planta, el tiempo al que debe ocurrir la expansión y la capacidad de la expansión, así como la capacidad final que debe tener la planta de producción de Artemia.

Tabla 2.

Determinación de la capacidad de producción de Artemia según la demanda de este alimento en camarones.

Caso de estudio	Demanda inicial no nula sin sobrediseño		
Tasa de interés	0,12	0,15	0,18
Pendiente	1 321,2	1 321,2	1 321,2
Intercepto	5 072,4	5 072,4	5 072,4
Capacidad Inicial (t/a)	16 082,4	13 880,4	12 412,4
Primera ampliación (años)	8,3	6,7	5,6
Capacidad de la ampliación (t/a)	11 010,0	8 808,0	7 340,0

Por ejemplo, para un 12 % de interés financiero la planta proyectada debe tener una capacidad inicial de 16 082,40 t/a y ampliarse a los 8 años con una capacidad de la ampliación de 11 010,00 t/a.

Estos resultados se deben comparar con el realizado para la disponibilidad de la materia prima según la capacidad de la Salina en que se estimó que podrían llegar a cubrir las necesidades de quistes de la camaricultura nacional hasta el año 2030 con una producción de biomasa de 333 t/año y de 7,2 t/año de quistes, proponiéndose producir biomasa durante todo el año y quistes durante nueve meses en que las condiciones lo permiten (Ramos-Sánchez et al., 2025).

Como se aprecia la capacidad necesaria por la demanda existente en camaro-

nes es superior a la capacidad de producción de Artemia en al Salina “El Real” y actualmente no es posible construir una planta de mayor capacidad.

3.2 Cálculo de la capacidad de producción de Artemia, atendiendo a la demanda en peces.

La empresa PESACAM de la provincia de Camagüey tiene producciones de 5000 t anuales y pretende aumentar sus producciones a 10 000 t en el 2030, con un índice de crecimiento de un 10%,

De las especies producidas en la empresa, la organización identifica la producción de tilapia como la especie mayor beneficiada con el consumo de Artemia en su dieta y, además, se desarrolla un método intensivo para el desarrollo de sus producciones.

Como posible mercado esta empresa produce anualmente 400 t de tilapia producto de la cría intensiva, para ello necesitan 720 t de alimento, a partir de un 30 % de proteínas, aminoácidos, carbohidratos y minerales que permiten el desarrollo de esta especie. De acuerdo a las potencialidades de la Artemia esta puede cubrir un 30 % de su dieta, lo que representa una necesidad de 216 t anuales (Ordoñez-Mejía *et al.*, 2021).

De acuerdo a la necesidad real de alimento para peces y camarones en la pro-

vincia, es posible evaluar la capacidad de una planta que permita la producción de Artemia para contribuir, en alguna medida, a la demanda del sector acuícola en el territorio.

Se recomienda un FCR para peces entre 1,4 y 1,8 (TECHNA, 2026).

Se realizó el cálculo de la capacidad de producción según la demanda para tilapia debido a que La planificación de la demanda se hizo sobre las estimaciones de la empresa, con un incremento anual de 25 t.

Tabla 3.

Proyección de la demanda de Artemia para la producción de tilapia en el periodo 2025-2030.

Años	Producción de	FCR	Demanda de
	tilapia (t/a)		Artemia (t/a)
2025	400	1,8	216,0
2026	425	1,8	229,5
2027	450	1,8	243,0
2028	475	1,8	256,5
2029	500	1,8	270,0
2030	525	1,8	283,5

Con el empleo de los datos de la tabla se realizó el ajuste del modelo para la estimación de la demanda en función de la producción real.

Este modelo se utilizó para la estimación de la demanda en condiciones de incertidumbre para las tres tasas de interés financiero estudiadas (0,12; 0,15 y 0,18).

A continuación, se presentan los cálculos considerando la incertidumbre en la demanda y financiera:

De igual forma, puede determinarse para otras especies de peces, lo que demuestra que hay un mercado creciente y deficitario de este alimento, lo que lleva a la necesidad de buscar métodos de cultivos más eficientes.

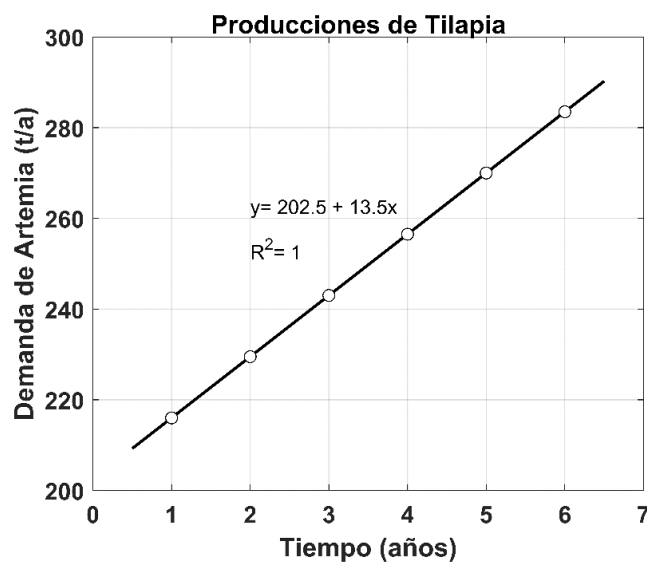


Figura 2: Modelo para la estimación de la demanda real de Artemia considerando la incertidumbre en la producción de tilapia.

Fuente: Los datos fueron aportados por la Empresa PESACAM de la provincia de Camagüey.

Tabla 4.

Determinación de la capacidad de producción de Artemia según la demanda de este alimento en peces (tilapia).

Caso de estudio	Demanda inicial no nula sin sobrediseño		
Tasa de interés	0,12	0,15	0,18
Pendiente	13,5	13,5	13,5
Intercepto	202,5	202,5	202,5
Capacidad Inicial (t/a)	315,0	292,5	277,5
Primera ampliación (años)	8,3	6,7	5,6
Capacidad de la ampliación (t/a)	112,5	90,0	75,0

Los resultados obtenidos, para la determinación de la capacidad considerando la incertidumbre en la demanda de camarones (Tabla 2) y para la Tilapia (Tabla 4), al compararlo con las posibilidades del sistema productivo actual en la Salina “El Real”, muestran que no se logra satisfacer la demanda.

El modelo propuesto incorpora elementos de incertidumbre en la demanda y financiera, lo que representa una mejora respecto a enfoques tradicionales.

Se pudo comprobar que los datos de la demanda siguen un comportamiento lineal cumpliéndose las condiciones del método de los clásicos (Rudd y Watson, 1968).

Se muestra que la variable limitante es la capacidad de la planta en la Salina “El Real”, por lo que se deben buscar vías de incremento de la productividad del sistema.

CONCLUSIONES

La Artemia constituye un producto de alto valor para los sistemas acuícolas y aunque no es posible satisfacer la demanda si puede sustituir parte de la dieta en los piensos empleados.

El modelo propuesto, permite estimar la capacidad de producción necesaria considerando la incertidumbre en la demanda y la financiera. Constituye una herramienta útil en la toma de decisiones y desarrollo sostenible de los sistemas acuícolas.

Los resultados muestran que la capacidad productiva actual es insuficiente para satisfacer la demanda proyectada, lo que hace necesario aumentar la eficiencia de los cultivos de Artemia, empleando métodos intensivos de producción en la Salina o haciendo nuevas inversiones en otras Salinas del país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azra, M. N., Noor, M. I. M., Burlakovs, J., Abdullah, M. F., Latif, Z. A., y Sung, Y. Y. (2022). Trends and New Developments in Artemia Research. *Animals*, 12(18), 2321. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ani12182321>
- FAO. (1996). Manual on the Production and Use of Live Food for Aquaculture. In Introduction, biology and ecology of Artemia (361). FAO FISHERIES TECHNICAL PAPER. <https://www.fao.org/4/w3732e/w3732e0m.htm>
- Madkour, K., Dawood, M. A. O., y Sewilam, H. (2022). The Use of Artemia for Aquaculture Industry: An Updated Overview. *Annals of Animal Science* 23(1). <https://doi.org/10.2478/aoas-2022-0041>
- Oquendo-Ferrer, H., González-Suárez, E., Ley-Chong, N., y Nápoles-García, M. F. (2016). Cálculo de capacidades de producción iniciales óptimas considerando elementos de incertidumbre. *Centro Azúcar*, 43(2), 24-34. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612016000200003

- Oquendo-Ferrer, H., Ramos-Sánchez, L. B., Pedraza-Olivera, R., Pazos-Amayuela, L., Martínez-Fernández, Y. E., y González-Suárez, E. (2020). Procedimiento para determinar las potencialidades de producción de alimento en la provincia de Camagüey. r, Vol. 54 No. 3 septiembre - diciembre – 2020. *Icidca sobre los derivados de la caña de azúcar*; 54(3), 11-17. <https://www.revista.icidca.azcuba.cu/wp-content/uploads/2021/02/articulo-7-.pdf>
- Ordoñez-Mejia, C. A., Galarza-Mora, W. G., Quizpe-Cordero, P., y Quijije-López, L. J. (2021). Efecto de la combinación de alimento artificial y biomasa de artemia sp en cria intensiva de postlarvas de *litopenaeus vannamei*. *Ciencias tecnicas y aplicadas*, 7(3), 1167-1189. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1854>
- Puentes-Vasconcellos, L., Loredo-Carballo, N., y Garrigó-Andreu, L. (2021). Estudio de tendencias para el sector pesquero en Cuba. *Retos de la Dirección*, 15, 147-165. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-91552021000300147
- Rahman, M. H., Roy, T. K., Alam, M. W., Islam, M. S., Hossen, M. S., AlBakky, A., Begum, N., Islam, M. S., Ismail, Z., y Idris, A. M. (2025). Enhancement of Artemia biomass and cyst production using supplementary feeds: a preliminary study. *Scientific Reports* 15(41148). <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-025-24882-z>
- Ramos-Sánchez, L., Oquendo-Ferrer, H., Galeano-Morell, D. A., Martínez-Sáez, S., y Velázquez-García, M. (2025). Estimación de la producción de biomasa y quistes de Artemia en la salina cubana El Real. *Revista de Investigación Hatun Yachay Wasi*, 4(1), 24-39i. <https://doi.org/https://doi.org/10.57107/hyw.v4i1.82>
- Rudd, D. F., y Watson, C. C. (1968). Strategy of Process Engineering. Mc- Graw Hill. https://books.google.com.cu/books/about/Strategy_of_Process_Engineering.html?id=LN-RnQEACAAJ&redir_esc=y
- TECHNA. (2026). El índice de conversión de piensos, uno de los principales indicadores de la eficacia de la alimentación en piscicultura. <https://www.groupe-techna.com/es/feedia/consejos/conversion-alimentacion-pescado-de-cultivo>
- Zmora, O., Avital, E., y Gordin, H. (2002). Results of an attempt for mass production of Artemia in extensive ponds. *Aquaculture*, 213(1-4), 395-400. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00054-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00054-6)

Declaración de roles de autores:

- Hilda Oquendo-Ferrer.: conceptualización; metodología, administración del proyecto, revisión y edición final.
- Luis B. Ramos-Sánchez.: conceptualización; metodología; revisión y edición final.
- Madelaine Vasallo-Conde.: investigación y redacción.
- Gualberto León-Revelo.: investigación y validación.

Rendimiento de grano y sus componentes de 25 variedades de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) de la provincia de Tayacaja, Perú

Grain yield and yield components of 25 starchy maize varieties (Zea mays L.) From the province of Tayacaja, Peru

 Pedro J. García-Mendoza¹

 Carlos M. Rodríguez²

 Luis A. Taramona Ruiz³

 Miguel Á. Yglesias Jaúregui¹

 Iris B. Pérez-Almeida⁴

pedrogarcia@unat.edu.pe 

1.- Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo. Huancavelica, Perú

2.- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA - CENIAP). Maracay, Venezuela

3.- Universidad Le Cordon Bleu, Lima, Perú

4.- Universidad Ecotec. Samborondón, Ecuador

Recibido: 15/08/2025

Revisado: 06/10/2025

Aceptado: 01/12/2025

Publicado: 06/01/2026

RESUMEN

El maíz es un cultivo de vital importancia en los Andes peruanos, donde las variedades locales y mejoradas constituyen una fuente clave de alimento e ingresos. Sin embargo, la información sobre la relación entre el rendimiento y sus componentes en variedades creadas en regiones específicas, como Tayacaja, es limitada. El presente estudio planteó como objetivos estimar el rendimiento en grano y su relación con los componentes del rendimiento en 25 variedades de maíz provenientes de la provincia de Tayacaja, Huancavelica, Perú, y generar un modelo de regresión múltiple predictivo del rendimiento a partir de los componentes de mayor correlación. Las evaluaciones se realizaron en una localidad del distrito de Daniel Hernández, Tayacaja, Perú, utilizando un diseño alfa látice 5x5 con 3 repeticiones, en el año 2020. Se realizó un análisis de correlación de Pearson, análisis de senderos y un análisis de regresión lineal múltiple por pasos. Los resultados preliminares indican que los componentes del rendimiento explican una porción significativa de la variabilidad observada en el rendimiento de grano, siendo el peso del grano y el diámetro de la mazorca las variables de mayor peso en el modelo predictivo. Los análisis de correlación, sendero y regresión múltiple permitieron evidenciar que el peso medio de grano fue el componente del rendimiento que ejerce la mayor influencia directa y consistente sobre la productividad de las variedades de maíz amiláceo evaluadas. Estos hallazgos ofrecen criterios de selección directos para los programas de mejoramiento genético de maíz en la sierra central del Perú. Se sugiere, además, continuar con estudios multiambientales que permitan validar la estabilidad de estos componentes como predictores del rendimiento.



Palabras claves: *Zea mays* L., mejoramiento genético, correlación, regresión múltiple, análisis de senderos, componentes del rendimiento, Tayacaja.

ABSTRACT

Maize is a crop of vital importance in the Peruvian Andes, where local and improved varieties represent a key source of food and income. However, information on the relationship between yield and its components in varieties created in specific regions, such as Tayacaja, is limited. The present study aimed to estimate grain yield and its relationship with yield components in 25 maize varieties from the province of Tayacaja, Huancavelica, Peru, and to develop a multiple regression model predicting yield from the components with the highest correlation. Field evaluations were conducted in 2020 in the Daniel Hernández district of Tayacaja, Peru, using a 5×5 alpha-lattice experimental design with three replications. A Pearson correlation analysis, path analysis and stepwise multiple linear regression analysis were performed. Preliminary results indicate that yield components explain a significant portion of the observed variability in grain yield, with grain weight and ear diameter being the most influential variables in the predictive model. The correlation, path, and multiple regression analyses showed that average grain weight was the yield component exerting the greatest direct and consistent influence on the productivity of the evaluated starchy maize varieties. These findings provide direct selection criteria for maize genetic improvement programs in the central highlands of Peru. It is also recommended that multi-environment studies be continued to validate the stability of these components as yield predictors.

Keywords: *Zea mays* L., genetic improvement, correlation, multiple regression, path analysis, yield components, Tayacaja.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) constituye uno de los cultivos de mayor importancia económica, social y cultural en el Perú. La región andina, especialmente el departamento de Huancavelica y la provincia de Tayacaja, representa un importante centro de diversidad genética de maíces amiláceos. En esta zona, los programas de mejoramiento genético han desarrollado variedades de polinización abierta orientadas a conservar las características de grano preferidas por los agricultores y, al mismo tiempo, incrementar el rendimiento del cultivo (Sevilla y Holle, 2004).

El rendimiento de grano es un carácter complejo, de naturaleza poligénica y baja heredabilidad, altamente influenciado por las condiciones ambientales (Hallauer

et al., 2010). Debido a ello, los programas de mejoramiento suelen emplear la selección indirecta mediante componentes del rendimiento con mayor heredabilidad y estrecha relación genética con la productividad, tales como la longitud y diámetro de mazorca, número de hileras, número de granos por hilera y peso del grano. Comprender la relación entre estos componentes y el rendimiento final resulta fundamental para establecer criterios de selección eficientes en programas de fitomejoramiento.

En el contexto andino peruano, las investigaciones sobre maíz amiláceo se han enfocado principalmente en la conservación de la diversidad genética y en el desarrollo de variedades adaptadas mediante fitomejoramiento participativo (Oscanoa y

Sevilla, 2011). Sin embargo, aún son limitados los estudios orientados a comprender la arquitectura del rendimiento en variedades desarrolladas por programas regionales específicos, como los de la provincia de Tayacaja. Estudios recientes han evidenciado una alta variabilidad fenotípica en maíces de Huancavelica y Cajamarca, resaltando el potencial de este germoplasma para identificar genotipos superiores (García-Mendoza *et al.*, 2025).

El análisis de correlación ha sido ampliamente utilizado para determinar la magnitud y dirección de la asociación entre el rendimiento y sus componentes. Diversos estudios reportan correlaciones positivas y significativas entre el rendimiento de grano y caracteres como el diámetro y longitud de mazorca, número de granos por hilera y peso de grano, destacando su utilidad como criterios de selección indirecta (Dash *et al.*, 2020 y Kumar *et al.*, 2024). Asimismo, análisis más avanzados, como los coeficientes de sendero y la regresión múltiple, permiten descomponer los efectos directos e indirectos de cada componente y cuantificar su contribución relativa al rendimiento. Investigaciones recientes identificaron al peso de grano, número de granos por hilera y número de hileras por mazorca como variables de mayor influencia sobre la productividad (Reddy *et al.*, 2022 y Hao, 2022).

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo estimar el rendimiento de grano y su correlación con los componentes del rendimiento en 25 variedades de maíz amiláceo provenientes de la provincia de Tayacaja, evaluadas durante la campaña agrícola 2019–2020 en el distrito de Daniel Hernández. Además, se desarrolló un modelo de regresión múltiple con el fin de identificar los componentes de mayor influencia sobre el rendimiento de grano y

contribuir al establecimiento de criterios de selección más eficientes para programas de mejoramiento genético.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Experimento

El experimento se condujo durante la campaña agrícola 2019-2020 en una localidad ubicada en el distrito Daniel Hernández de la provincia de Tayacaja, departamento de Huancavelica, República del Perú, entre las coordenadas geográficas 12°23'53" de latitud sur y 74°52'05" de longitud oeste, a una altitud aproximada de 3 200 metros sobre el nivel del mar (msnm).

Tipo de Suelo

El suelo del área experimental corresponde a un suelo franco-arcilloso, de origen aluvial-coluvial, con un pH moderadamente ácido (5.8 – 6.2), contenido medio de materia orgánica (2.5 – 3.0%) y una profundidad efectiva superior a los 80 cm. Estos suelos son representativos de las zonas papero-maiceras de la sierra central del Perú y presentan aptitud agrícola para el cultivo de maíz amiláceo.

Climodiagrama

El clima de la provincia de Tayacaja durante la campaña agrícola 2020 correspondió al típico de los valles interandinos de la sierra central, con una estación lluviosa bien definida entre noviembre y abril, seguida de una estación seca entre mayo y octubre, con una precipitación acumulada durante el ciclo del cultivo de 650 mm, concentrándose el 80% entre los meses de enero y marzo. La temperatura media mensual osciló entre 12 °C y 18 °C, con una mínima absoluta de 2 °C de junio y julio (época de maduración y cosecha) y una máxima absoluta de 24 °C durante el llenado de grano. La humedad relativa media fue del 65%, disminuyendo gradualmente hacia la cosecha.

Genotipos y Variedades Evaluadas

Se evaluaron un total de 25 variedades de maíz (*Zea mays* L.), de las cuales 22 corresponden a variedades locales, seleccionadas por los agricultores de la provincia de Tayacaja, y 3 son variedades mejoradas, utilizadas como testigo de referencia, obtenidas del Instituto Nacional de Innovación Agraria, Cajamarca. La identificación, la genealogía y el origen de cada variedad fueron detallados previamente por García *et al.* (2021).

Componentes del Rendimiento Evaluados

Las variables de respuesta y los componentes del rendimiento medidos en cada unidad experimental fueron los siguientes: *Rendimiento de grano (REND)*: expresado en $t\ ha^{-1}$ y ajustado al 14% de humedad; *longitud de mazorca (LM)*: medida en cm desde la base hasta el ápice; *diámetro de mazorca (DM)*: medido en cm en la sección ecuatorial; *diámetro de coronta (DC)*: medido en cm en la base de la mazorca desgranada; *longitud de grano (LG)*: calculada en cm mediante la fórmula: $LG = (DM - DC)/2$; *número de hileras (NH)*: conteo de hileras en la parte central de la mazorca; *número de granos por hilera (NGH)*: conteo de granos en una hilera representativa; *peso medio de grano (PMG)*: expresado en g, obtenido del peso de 300 granos dividido entre 300.

Las evaluaciones de todos los caracteres se hicieron siguiendo la metodología propuesta por el Centro Internacional de Mejoramiento de maíz y el Trigo (CIMMYT) (IBPGR, 1991).

Análisis Estadístico

Los datos recolectados fueron sometidos a los siguientes análisis estadísticos, utilizando los programas R (R Core Team, 2021) e InfoStat versión 2021:

1. Estadística descriptiva: Para cada variable se calcularon la media, la desviación estándar, los valores mínimo y máximo y el coeficiente de variación, con el fin de caracterizar la variabilidad de la población de variedades evaluadas.

2. Análisis de la varianza (ANOVA): Se realizó un análisis de varianza para cada variable, ajustando un modelo lineal correspondiente a un diseño alfa látice con tres repeticiones: $Y_{ijk} = \mu + G_i + R_j + B_k(j) + E_{ijk}$, donde Y_{ijk} representa la observación correspondiente al i -ésimo genotipo, evaluado en la j -ésima repetición j , en el k -ésimo bloque dentro de la j -ésima repetición; μ es la media general, G_i es el efecto fijo del i -ésimo genotipo, R_j es el efecto aleatorio atribuido a la j -ésima repetición, $B_k(j)$ es el efecto aleatorio del k -ésimo bloque dentro de la j -ésima repetición, y E_{ijk} es el error experimental asociado a la observación Y_{ijk} .

3. Medias de genotipos: Se estimaron las medias ajustadas por mínimos cuadrados y se compararon mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para identificar grupos de genotipos estadísticamente diferentes.

4. Análisis de correlación múltiple: Se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson entre todos los pares posibles de variables, lo que dio lugar a una matriz de correlación que sirvió de base para los análisis posteriores.

5. Análisis de senderos (Path analysis): Con el fin de descomponer las correlaciones fenotípicas en efectos directos e indirectos de los componentes del rendimiento sobre el rendimiento de grano, se realizó un análisis de coeficientes de sendero, resolviendo el sistema de ecuaciones normales con los coeficientes de correlación como entrada. Este análisis permitió cuantificar el efecto causal relativo de cada componente, aislando la influencia de los demás componentes.

6. Análisis de regresión múltiple: Se aplicó un modelo de regresión lineal múltiple por el método de pasos sucesivos (stepwise) para generar un modelo predictivo del rendimiento de grano en función de los componentes del rendimiento. El criterio de entrada y salida de variables en el modelo fue el nivel de significancia del estadístico F parcial ($p < 0.05$ para la entrada y $p > 0.10$ para la salida). El modelo general fue de la forma:

$$\text{Rend} = \beta_0 + \beta_1(\text{LM}) + \beta_2(\text{DM}) + \beta_3(\text{DC}) + \beta_4(\text{LG}) + \beta_5(\text{NH}) + \beta_6(\text{NGH}) + \beta_7(\text{PMGr}) + \varepsilon$$
donde Rend es el rendimiento de grano estimado en t ha^{-1} , β_0 es el intercepto y desde β_1 hasta β_7 representan a los coeficientes de los 7 caracteres componentes del rendimiento de grano.

Se evaluó la capacidad predictiva del modelo resultante mediante el coeficiente de determinación (R^2), el error cuadrático medio y el análisis de los residuales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de Varianza y Variabilidad fenotípica

El análisis de varianza reveló diferencias altamente significativas ($p <$

0.0001) entre las 25 variedades evaluadas en todos los componentes del rendimiento: longitud de mazorca (LM), diámetro de mazorca (DM), diámetro de coronta (DC), longitud de grano (LG), número de hileras (NH), número de granos por hilera (NGH) y peso medio de grano (PMGr) (Tabla 1). En el carácter rendimiento de grano (Rend), las diferencias también fueron significativas ($p=0.001$). Esta amplia variabilidad genética es la base para la selección y coincide con lo reportado por García-Mendoza *et al.* (2025), quienes destacaron la alta variabilidad fenotípica del maíz en la región de la provincia de Tayacaja, Huancavelica, Perú. Los coeficientes de variación (CV) de los componentes del rendimiento oscilaron entre 4.27% (DM) y 7.02% (LM), lo que indica una buena precisión experimental y una variabilidad manejable. El rendimiento de grano presentó un CV ligeramente mayor (17.58%), lo cual es de esperarse, dado que se trata de un carácter de arquitectura compleja y altamente influido por el ambiente (Sadiek *et al.*, 2009 y Hallauer *et al.*, 2010).

Tabla 1.

Análisis de varianza para rendimiento y componentes del rendimiento

Fuente Variación	Grados libertad	Rend (t ha^{-1})	LM (cm)	DM (cm)	DC (cm)	LG (cm)	NH (N°)	NGH (N°)	NGH (N°)
Modelo	38	1,71**	4,15**	0,36**	0,21**	0,15**	8,64**	9,74**	9,74**
Variedad	24	1,99**	6,12**	0,54**	0,32**	0,23**	13,46**	12,52**	12,52**
Rep	2	1,86	2,33*	0,042	0,009	0,009	0,581	19,42**	19,42*
Rep>Bloc	12	1,13	0,526	0,04	0,036	0,01	0,348	2,57*	2,57
Error	36	0,66	0,557	0,043	0,026	0,013	0,257	1,02	1,02
Total	74								
R^2 Aj		0,45	0,77	0,79	0,78	0,85	0,94	0,82	0,82
CV		17,58	7,02	4,27	6,94	8,93	4,68	4,92	4,92

* y ** indican diferencias significativas al 5 y 1 %, respectivamente. Rend, LM, DM, DC, LG, NH, NGH y PMGr significan, respectivamente, rendimiento de grano, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, diámetro de coronta, longitud del grano, N° de hileras en la mazorca, N° de granos por hileras de la mazorca y peso medio del grano. Rep, Bloc, R^2 Aj y CV significan repeticiones, bloques, coeficiente de determinación ajustado y coeficiente de variación, respectivamente.

Análisis de Medias de Genotipos

La media general de rendimiento fue de 4.605 t ha⁻¹, destacando las variedades ‘Cusqueado-P’ (6.511 t ha⁻¹) y ‘Blanco Gigante-P’ (6.221 t ha⁻¹) (Tabla 2), ambas pertenecientes a la raza Cusco Gigante (Shaluana, 2004). En contraste, ‘Chull-

pi-ST’ (3.070 t ha⁻¹) y ‘Maíz Morado-Pi’ (3.369 t ha⁻¹) presentaron los menores rendimientos, evidenciando una amplia variabilidad genética y un importante potencial de selección en el germoplasma evaluado.

Tabla 2.

Medias de genotipos para rendimiento y componentes del rendimiento

Variedades	Rend (t ha ⁻¹)	LM (cm)	DM (cm)	DC (cm)	LG (cm)	NH (N°)	NGH (N°)	PMGr (g)
AB-Cusq-C	5,148	10,35	5,34	2,48	1,48	12,20	20,57	0,577
AB-DH	3,707	10,66	4,96	1,98	1,49	10,00	20,57	0,532
AB-P	5,964	9,88	5,66	2,14	1,76	12,87	20,63	0,600
AB-ST	4,372	10,68	4,76	2,24	1,26	8,87	20,70	0,651
Aim-ST	4,829	10,14	4,64	1,94	1,35	9,00	19,00	0,670
AM-DH	5,071	10,71	5,38	2,04	1,67	10,33	19,80	0,615
BG-P	6,221	12,14	5,31	2,86	1,23	8,13	21,53	0,825
Bol-Q	4,170	11,19	4,87	2,23	1,32	9,87	20,03	0,618
Car-P	5,106	9,58	5,10	2,10	1,50	12,07	19,10	0,463
Car-Pi	3,925	9,36	5,10	2,10	1,50	10,07	17,33	0,577
Car-Q	4,674	9,63	5,17	2,27	1,45	11,60	19,83	0,508
Car-Run	4,131	8,89	5,18	2,29	1,45	12,33	19,77	0,489
Chu-AB-ST	3,070	9,63	4,71	2,47	1,12	16,13	22,80	0,281
Chu-Q	4,726	9,59	4,64	2,77	0,94	16,80	23,80	0,301
Cusq-P	6,511	11,30	5,11	2,78	1,17	8,53	19,27	0,725
Hua-Pi	4,590	9,23	4,84	2,00	1,42	10,07	17,67	0,583
MD-Pi	4,233	10,26	4,14	2,07	1,03	9,07	19,13	0,553
MM-Pi	3,369	11,69	3,95	2,51	0,72	10,13	23,00	0,411
MRD-Pi	4,537	11,79	4,27	2,18	1,04	10,20	21,50	0,485
Pist-Pi	4,012	10,06	4,90	2,19	1,36	10,90	20,17	0,534
PO-Pi	4,703	9,54	4,79	2,12	1,33	10,47	18,70	0,501
PR-Pi	4,699	9,29	4,90	2,14	1,38	10,67	18,37	0,443
T1	4,567	15,33	4,95	3,21	0,87	11,67	26,33	0,537
T2	5,024	11,89	4,60	2,60	1,00	8,47	19,77	0,597
T3	3,757	12,80	4,02	2,66	0,68	10,27	22,90	0,346
Media general	4,605	10,62	4,85	2,34	1,26	10,83	20,49	0,537
IC (95 %)	4,268; 4,941	10,03; 11,21	4,68; 5,03	2,20; 2,47	1,15; 1,38	9,95; 11,7	19,65; 21,33	0,49; 0,59
DMS	1,34	1,24	0,34	0,27	0,19	0,84	1,67	0,06

Rend, LM, DM, DC, LG, NH, NGH y PMGr significan, respectivamente, rendimiento de grano, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, diámetro de coronta, longitud del grano, N° de hileras en la mazorca, N° de granos por hileras de la mazorca y peso medio del grano. IC y DMS significan intervalo de confianza y diferencia mínima significativa, respectivamente.

A pesar de su menor productividad, ‘Chullpi-ST’ posee alto valor comercial por sus características para maíz cancha y uso forrajero, mientras que ‘Maíz Morado-Pi’ destaca por su elevado contenido de antocianinas, de interés para mercados especializados. Asimismo, algunas variedades de alto rendimiento, como ‘Blanco Gigante-P’, basaron su productividad en un mayor peso medio de grano, mientras que los testigos foráneos presentaron mazorcas más largas, característica asociada positivamente al rendimiento (Reddy *et al.*, 2022).

Análisis de Correlación de Pearson

El análisis de correlación (Tabla 3) mostró que el rendimiento de grano estuvo asociado principalmente con caracteres relacionados al tamaño y peso del grano. El rendimiento presentó correlaciones positivas y altamente significativas con el diámetro de mazorca ($r = 0.563$) y el peso medio de grano ($r = 0.629$), indicando que la productividad depende en mayor medida de la acumulación de biomasa en el grano, tal como señalan Tollenaar y Lee (2002).

Asimismo, el diámetro de mazorca se correlacionó fuertemente con la longitud de grano ($r = 0.837$), sugiriendo que mazorcas más gruesas favorecen el desarrollo de granos de mayor tamaño, en concordancia con lo reportado por Makanza *et al.* (2018) y Wei *et al.* (2019). Por otro lado, el número de hileras mostró una correlación negativa con el peso medio de grano ($r = -0.783$), evidenciando un mecanismo de compensación fisiológica asociado a la competencia por fotoasimilados durante el llenado de grano, fenómeno descrito por Borrás y Otegui (2001) y Fernández *et al.* (2022).

La baja asociación del rendimiento con el número de hileras y el número de granos por hilera sugiere que, en estas variedades de maíz amiláceo, el rendimiento depende más de la eficiencia del llenado de grano que del número total de granos, comportamiento también observado por Vega *et al.* (2001). En conjunto, estos resultados indican que los programas de mejoramiento genético deberían priorizar caracteres relacionados con el tamaño y peso del grano, así como con la estructura de la mazorca.

Tabla 3.

Matriz de correlación de Pearson entre variables de rendimiento

	Rend	LM	DM	DC	LG	NH	NGH	PMGr
Rend	1							
LM	0,230	1						
DM	0,563*	-0,233	1					
DC	0,326	0,392	0,039	1				
LG	0,304	-0,414*	0,837**	-0,512*	1			
NH	-0,250	-0,499*	0,090	0,228	-0,043	1		
NGH	-0,172	0,415*	-0,272	0,609	-0,565	0,505*	1	
PMGr	0,629*	0,451*	0,401*	0,018	0,333	-0,783**	-0,401*	1

* y ** indican porcentajes de correlación significativos al 5 % y al 1 %, respectivamente. Rend, LM, DM, DC, LG, NH, NGH y PMGr significan, respectivamente, rendimiento de grano, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, diámetro de coronta, longitud del grano, N° de hileras en la mazorca, N° de granos por hileras de la mazorca y peso medio del grano

Análisis de Senderos (Path Analysis)

El análisis de senderos (Tabla 4) permitió descomponer las correlaciones en efectos directos e indirectos, evidenciando que el peso medio de grano (PMGr) presentó el mayor efecto directo positivo sobre el rendimiento (0.760), seguido del diámetro de mazorca (DM) (0.750). La correlación del PMGr con el rendimiento ($r = 0.650$; $p = 0.0004$) estuvo explicada principalmente por su elevado efecto directo, confirmándolo como el componente de mayor influencia y el criterio más eficiente de selección indirecta, en concordancia con lo reportado por Hao (2022).

Por otro lado, la longitud de grano (LG) presentó un efecto directo negativo sobre el rendimiento (-0.86), a pesar de

mostrar una correlación simple positiva ($r = 0.304$). Este comportamiento se explicó por su elevado efecto indirecto positivo a través del diámetro de mazorca, debido a la fuerte asociación entre ambas variables ($r = 0.837$), lo que evidencia la importancia de considerar las relaciones causales y no solo las correlaciones simples.

Asimismo, el número de granos por hilera (NGH) mostró un efecto directo negativo, mientras que la longitud de mazorca (LM) presentó un efecto positivo de baja magnitud. Estos resultados sugieren que un incremento en el número de granos no necesariamente mejora el rendimiento si no se acompaña de un adecuado peso de grano, comportamiento previamente descrito por Fernández *et al.* (2022), Borrás y Otegui (2001) y Bankole *et al.* (2017).

Tabla 4.

Efectos directos e indirectos del análisis de senderos

Variable dependiente: Rend; n =25							
Efecto	Vía	Coeficientes	p-valor	Efecto	Vía	Coeficientes	p-valor
DM	Directa	0,750		PMGr	Directa	0,760	
DM	LM	-0,060		PMGr	LM	0,040	
DM	DC	0,004		PMGr	DM	0,340	
DM	LG	-0,700		PMGr	DC	0,002	
DM	NH	0,070		PMGr	LG	-0,330	
DM	NGH	0,160		PMGr	NH	-0,390	
DM	PMGr	0,350		PMGr	NGH	0,230	
r total		0,570	0,0031	r total		0,650	0,0004

Modelo de Regresión Lineal Múltiple

El modelo de regresión múltiple con los siete componentes del rendimiento (Tabla 5) mostró un coeficiente de correlación múltiple de 0,798 y un coeficiente de determinación R^2 de 63,7% (R^2 ajustado = 0,488). El análisis de varianza del modelo fue significativo ($F = 4,261$, con 7 y 17

gl). En la Tabla 6 se observa que la variable peso medio de grano (PMGr) rozó el umbral de significancia ($p = 0,0699$), con un coeficiente parcial de 4,992. Este hallazgo refuerza los resultados del análisis de senderos y, de cierto modo, coincide con lo reportado por Reddy *et al.* (2022), quienes

identificaron el peso de 1000 granos como el principal contribuyente en su modelo de regresión paso a paso. El modelo general fue significativo, explicando el 63,7 % de

la variabilidad del rendimiento. El análisis de residuales no mostró patrones evidentes de falta de ajuste, con residuales distribuidos sin tendencias claras.

Tabla 5.

Coefficientes de regresión del modelo múltiple

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	-0,285	2,250	-0,127	0,9005	-5,032	4,461
LM	0,136	0,269	0,505	0,6197	-0,431	0,703
DM	1,489	5,723	0,260	0,7979	-10,587	13,564
DC	-0,188	5,673	-0,033	0,9740	-12,158	11,782
LG	-2,637	11,378	-0,232	0,8195	-26,642	21,367
NH	0,209	0,215	0,974	0,3435	-0,244	0,663
NGH	-0,242	0,199	-1,216	0,2404	-0,662	0,178
PMGr	4,992	2,581	1,934	0,0699	-0,454	10,438

Los resultados de este estudio demuestran que, en las 25 variedades de maíz amiláceo evaluadas en la localidad de Run-do, Daniel Hernández, Tayacaja, Perú, el peso del grano es el componente del rendimiento con mayor efecto directo y la mejor variable predictiva del rendimiento final. Esto concuerda con Hao (2022) y se alinea con la lógica fisiológica de que, una vez establecido el número de granos, lo cual ocurre en las primeras etapas de desarrollo vegetativo del cultivo, son la tasa y la duración del llenado de grano las que determinan la productividad final. La fuerte correlación negativa observada en este estudio entre el número de hileras y el peso del grano respalda la idea de una compensación entre componentes, un fenómeno bien documentado en cereales. Para el mejoramiento genético en la sierra central peruana, se recomienda enfocar la selección en genotipos que combinen un alto diámetro de mazorca con un peso de grano elevado.

CONCLUSIONES

Las 25 variedades de maíz evaluadas presentaron diferencias altamente significativas en todos los caracteres considerados, evidenciando amplia variabilidad genética y un importante potencial para programas de mejoramiento en Tayacaja.

El rendimiento de grano mostró correlación positiva y altamente significativa con el diámetro de mazorca y el peso medio de grano, siendo este último el componente de mayor efecto directo sobre la productividad. Asimismo, se observó una relación negativa entre el número de hileras y el peso medio de grano, lo que sugiere una compensación fisiológica entre ambos caracteres.

El análisis de senderos confirmó que el peso medio de grano y el diámetro de mazorca constituyen los criterios más eficientes de selección indirecta para incrementar el rendimiento.

El modelo de regresión múltiple explicó el 63.7% de la variabilidad del rendimiento de grano, destacando al peso medio de grano como el componente de mayor influencia y consistencia sobre la productividad.

Se recomienda utilizar el peso medio de grano y el diámetro de mazorca como criterios principales de selección en programas de mejoramiento genético de maíz amiláceo y realizar estudios multambientales para validar la estabilidad en diferentes localidades y ciclos agrícolas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja (UNAT), Daniel Hernández Morillo (UNAT), quien proporcionó los recursos para esta investigación a través del Fondo de Desarrollo Socioeconómico de Camisea (FOCAM), así como al productor agrícola Libio Humberto Ega, por permitir el uso de un espacio de su campo de producción para el establecimiento del experimento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bankole, F., Menkir, A., Olaoye, G., Crossa, J., Hearne, S., Unachukwu, N., y Gedil, M. (2017). Genetic gains in yield and yield related traits under drought stress and favorable environments in a maize population improved using marker assisted recurrent selection. *Frontiers in plant science*, 8, 808. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00808>
- Borrás, L., y Otegui, M. E. (2001). Maize kernel weight response to postflowering source-sink ratio. *Crop Science*, 41(6), 1816-1822. <https://doi.org/10.2135/crosci2001.1816>.
- Dash, A. P., Lenka, D., Tripathy, S. K., Swain, D., y Lenka, D. (2020). Character association and path analysis of grain yield and its components in Maize (*Zea mays* L.) under heat stress. *International Journal of Current. Microbiology and Applied Sciences*, 9(3), 2750-2758. <https://www.ijcmas.com/abstractview.php?ID=16600&vol=9-3-2020&SNo=315>
- Fernández, J. A., Messina, C. D., Salinas, A., Prasad, P. V., Nippert, J. B., y Ciampitti, I. A. (2022). Kernel weight contribution to yield genetic gain of maize: A global review and US case studies. *Journal of Experimental Botany*, 73(11), 3597-3609. <https://doi.org/10.1093/jxb/erac103>.
- García-Mendoza, P. J., Medina-Castro, D. E., Prieto-Rosales, G. P., Mayay-Sánchez, D., y Ortecho-Llanos, R. (2021). Uso del modelo AMMI para el análisis de la interacción genotipo ambiente en variedades de maíz amiláceo de Tayacaja, Perú. *Tayacaja*, 4(1), 09-24. <https://doi.org/10.46908/tayacaja.v4i1.149>.
- García-Mendoza, P. J., Saldaña, C. L., Pérez-Almeida, I. B., Prieto-Rosales, G. P., Medina-Castro, D. E., Taramona-Ruiz, L. A., y Arbizu, C. I. (2025). Genetic diversity and population structure of maize landraces from Huancavelica and Cajamarca provinces of Peru using SNP markers. *Plant Genetic Resources*, 23(4), 262-270. <https://doi.org/10.1017/S1479262125000024>.

- Hallauer, A.R., Carena, M.J., y Miranda Filho, J.B., (2010). Quantitative genetics in maize breeding, in: Prohens, J., Nuez, F., y Carena, M.J. (Eds.), *Handbook of Plant Breeding*. Springer, New York, pp. 1–663. DOI:10.1007/978-1-4419-0766-0
- Hao, Q. (2022). Multiple linear regression analysis of yield components of summer maize varieties in Shaanxi Province, China. *Bangladesh Journal of Botany*, 51(4): 979-985. <https://doi.org/10.3329/bjb.v51i40.63842>
- International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). (1991). Descriptors for Maize. International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City/International Board for Plant Genetic Resources, Rome.
- Kumar, G., Praveen, N., Sunil, J. C., Sekhar, D., y Srinivasa, C. (2024). “Character Association and Path Coefficient Analysis to Determine Interrelationships Among Grain Yield and Its Components in Maize Genotypes (*Zea mays* L.)”. *Journal of Scientific Research and Reports* 30(3):275-83. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i31878>
- Makanza, R., Zaman-Allah, M., Cairns, J. E., Eyre, J., Burgueño, J., Pacheco, Á., y Prasanna, B. M. (2018). High-throughput method for ear phenotyping and kernel weight estimation in maize using ear digital imaging. *Plant methods*, 14(1), 49. <https://doi.org/10.1186/s13007-018-0317-4>.
- Oscanoa-Rodríguez, C., y Sevilla-Panizo, R. (2011). Mejoramiento conservativo del maíz en la sierra del Perú. Huancayo, Perú. pp 59. <https://repositorio.inia.gob.pe/server/api/core/bitstreams/276ac9a8-47c9-43ba-8307-375d9abf14d4/content>.
- R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.
- Reddy, S. G. M., Lal, G. M., Krishna, T. V., Reddy, Y. V. S., y Sandeep, N. (2022). Correlation and path coefficient analysis for grain yield components in maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Plant & Soil Science*, 34(23), 24-36. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2022/v34i2331558>
- Salhuana, W. (2004). Diversidad y descripción de las razas de maíz en el Perú. https://www.ars.usda.gov/ARSTUserFiles/50301000/Races_of_Maize/Diversidad%20y%20razas%20de%20maiz%20en%20Peru.pdf.
- Sevilla, R., y Holle, M. (2004). Recursos genéticos vegetales. Universidad Nacional Agraria La Molina. 204–251. https://www.ars.usda.gov/ARSTUserFiles/50301000/Races_of_Maize/Diversidad%20y%20razas%20de%20maiz%20en%20Peru.pdf.
- Tollenaar, M., y Lee, E. A. (2002). Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. *Field Crops Research*, 75(2-3), 161–169. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(02\)00024-2](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(02)00024-2).
- Vega, C. R. C., Andrade, F. H., Sadras, V. O., Uhart, S. A., y Valentinuz, O. R. (2001). Seed number as a function of growth: a comparative study in soybean, sunflower, and maize. *Crop Science*, 41(3), 748–754. <https://doi.org/10.2135/cropsci2001.413748x>

Wei, S., Wang, X., Li, G., Qin, Y., Jiang, D., y Dong, S. (2019). Plant density and nitrogen supply affect the grain-filling parameters of maize kernels located in different ear positions. *Frontiers in plant science*, 10, 180. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00180>

Declaración de roles de autores:

- Pedro José García Mendoza: Conceptualización; metodología y administración del proyecto.
- Carlos Marín Rodríguez: Conceptualización; metodología; curación de datos, análisis de datos, revisión y edición
- Luis Alberto Taramona Ruiz: Conceptualización; metodología, supervisión, revisión y edición final
- Miguel Ángel Yglesias-Jaúregui: Conceptualización; metodología, Estadística, redacción.
- Iris Betzaida Pérez-Almeida: Conceptualización; redacción, revisión y edición final.

Fluctuación poblacional y enemigos naturales de *Eupalamides cyparissias* en el cultivo de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*) en Ucayali, Perú

Population fluctuation and natural enemies of Eupalamides cyparissias in Oil Palm (Elaeis guineensis) cultivation in Ucayali, Peru

 Gey Macuyama-Ríos

 Ena Velazco-Castro

 Bladimir Guerra-Ambrosio

evelazcoc@unia.edu.pe 

Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia. Yarinacocha, Ucayali, Perú

Recibido: 25/07/2025

Revisado: 17/09/2025

Aceptado: 25/11/2025

Publicado: 06/01/2026

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar la fluctuación poblacional y enemigos naturales de *Eupalamides cyparissias* (Lepidoptera: Castniidae) en el cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Campo Verde, Ucayali. Las evaluaciones poblacionales de *E. cyparissias* se efectuaron entre junio, 2024 y marzo, 2025, en palmas de 8 años en un área de 11,8 ha. haciendo un total de 44 estaciones de muestreo. Se cuantificaron los diferentes estados de desarrollo (huevo, larva, pupa y adulto) del insecto en los tercios de la corona y estípite de cada palma evaluada. El mayor número de huevos de *E. cyparissias* fue registrado en octubre. Las mayores poblaciones de larvas y adultos se encontraron en noviembre; mientras que, las pupas en junio. La región preferida por el insecto en la palma fue el tercio medio en el estípite. Se identificaron tres especies de hormigas (*Camponotus renggeri*, *Neoponera* sp. y *Odontomachus* sp.) como depredadores de huevos de la plaga, siendo estas reportadas por primera vez para Ucayali.

Palabras clave: Barrenador, depredador, incidencia, hormigas, polilla.

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the population fluctuation and natural enemies of *Eupalamides cyparissias* (Lepidoptera: Castniidae) in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) cultivation in Campo Verde, Ucayali, Peru. Population assessments of *E. cyparissias* were conducted between June 2024 and March 2025 on 8-year-old palms in an area of 11.8 ha, totaling 44 sampling stations. The different developmental stages (egg, larva, pupa, and adult) of the insect were quantified in the crown and trunk thirds of each palm evaluated. The highest number of *E. cyparissias* eggs was recorded in October. The largest populations of larvae and adults were found in November, while pupae were found in June. The insect's preferred region on the palm was the middle third of the trunk. Three



ant species (*Camponotus renggeri*, *Neoponera* sp. and *Odontomachus* sp.) were identified as predators of the pest's eggs, and these were reported for the first time in Ucayali.

Keywords: Borer, predator, incidence, ants, moth.

INTRODUCCIÓN

La palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) es una planta perenne originaria de África Occidental, cultivado por su alta productividad de aceite (3 a 5 tn/ha), de tal manera que se ha extendido en aproximadamente 28 000 000 de hectáreas en el mundo (Camacho *et al.*, 2018; Hernández *et al.*, 2018 y Pérez y Pérez, 2023). Asimismo, este cultivo presenta un alto valor productivo y económico, extendiéndose a todas las zonas tropicales del mundo por su gran importancia de producir hasta 10 veces más aceite (50 % de grasas saturadas) en comparación a la soya, la canola, el girasol y el algodón (Aguilar *et al.*, 2013 y Pérez y Pérez, 2023).

En este contexto, el Perú cuenta con un total de 97 266 ha de palma aceitera, donde la región Ucayali representa el 41,94 %, equivalente a una superficie sembrada de 40 796 ha (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - MIDAGRI, 2024) y la mayor producción de racimo en fruto fresco (RFF) de palma, corresponde a los departamentos de Ucayali con 674 227 t (46,34 %) y San Martín con 543 892 t (37,38 %); para Ucayali, el rendimiento de palma aceitera se encuentra entre 13 t/ha (Junta Nacional de la Palma de aceite del Perú [JUNPALMA], 2021 y MIDAGRI, 2024).

Por otra parte, el cultivo de palma aceitera es atacado por numerosos insectos plagas como son: *Rhynchophorus palmarum*, *Sagilassa valida*, *Strategus aloeus* y entre otros (Abello, 2019; Aldana *et al.*, 2017; Bustillo, 2014), siendo la plaga más importante el barrenador gigante de la pal-

ma *Eupalamides cyparissias* (Lepidoptera: Castniidae), reportada en los distritos de Campo Verde, Neshuya y Tocache en Perú (Cáceres, 2021 y Delgado y Couturier, 2003); en Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Venezuela y Panamá (Bernardino, 2007).

Este insecto fue estudiado por primera vez en Perú por Korytkowski y Ruiz, (1979) en Tocache, San Martín; siendo que, los trabajos de investigación más actuales se han realizados en Brasil (Bernardino, 2007; Costa, 2015 y Da Silva, 2019); quienes determinaron semioquímicos implicados en la interacción intraespecífica en los adultos y la fluctuación poblacional del insecto. Por su parte, Cáceres, (2021) reportó en su investigación 13 a 26 % de daño del insecto en plantaciones de palma aceitera en el área de este estudio; sin embargo, para esa data aún no existían estudios sobre la fluctuación poblacional y sus enemigos naturales para la zona.

El *Eupalamides cyparissias* en su estado de larva, perfora los racimos, destruye las inflorescencias en formación y barrena el estípide (tallo) ocasionando severas lesiones que reducen la producción y que pueden producir la muerte de la palma (Aldana *et al.*, 2004 y Delgado y Couturier, 2003) con un ciclo biológico que dura casi un año (Aldana y Calvache, 2002 y Calvache *et al.*, 2000). Sin embargo, para su control se hacen uso de agroquímicos que acumulan metales pesados en el suelo (cadmio, plomo y arsénico), dañando de esta manera la biodiversidad y el medio am-

biente (Amasifuen, 2022 y Pérez y Iannacone, 2006).

La fluctuación poblacional es muy importante en el desarrollo de estrategias de Manejo Integrado de Plagas (Navarro y Liendo, 2010; Ripa y Larral, 2008 y Rodríguez *et al.*, 2012) y a su vez, los enemigos naturales (depredadores y parasitoides) regulan y mantienen la población de las plagas en niveles por debajo del umbral de daño económico (Bustillo, 2014; Nájera y Souza, 2010 y Ortiz, 2006). Por ello, la presente investigación tuvo como objetivo determinar la fluctuación poblacional y enemigos naturales de *Eupalamides cyparissias* (Lepidoptera: Castniidae) en el cul-

tivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Campo Verde, Ucayali, Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se realizó entre junio de 2024 y marzo de 2025 en la plantación de palma aceitera del fundo Hugalís, ubicada en el centro poblado San Martín de Mojaral, km 31 de la carretera Federico Basadre (Pucallpa–Lima), distrito de Campo Verde, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali, Perú (UTM: N= 9061684; E= 524951), a 200 m s. n. m. (GPSmap 64S) (Figura 1).

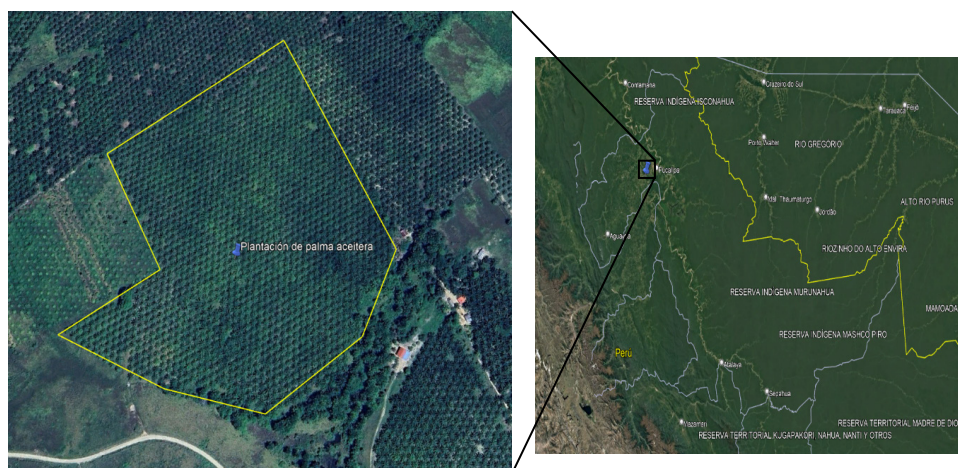


Figura 1: Croquis de ubicación del área de estudio en la zona de Campo Verde, Ucayali

La plantación abarcó 11,8 ha con palmas de 10 años de edad y 2,8 m de altura promedio, de la variedad Deli × La Mé, provenientes de semillas CIRAD® de Ecuador, con una producción promedio de 16 t/ha/año y una densidad de 143 palmas/ha, establecidas a 9 × 9 m en tresbolillo.

Selección y distribución de las palmas

Se siguió la metodología de Bernardino (2007) y Cáceres (2021) mediante estaciones fijas de muestreo, seleccionando una palma cada cinco líneas y cada cinco

plantas, desde la línea 3 planta 3 hasta la línea 43 planta 13, estableciendo 44 estaciones distribuidas sistemáticamente, equivalentes a una densidad de evaluación de 4 plantas/ha.

Marcación de las palmas seleccionadas

Las palmas seleccionadas en las líneas de evaluación fueron marcadas con pintura roja en el estípite, placas metálicas codificadas y cintas rojas de 50 cm en el peciolo de hojas bajas, para facilitar su identificación y ubicación en la plantación.

Muestreo poblacional del insecto

La cuantificación de los estados de desarrollo de *Eupalamides cyparissias* se realizó siguiendo la metodología de Bernardino (2007), dividiendo el estípite y la corona de la palma en tercio basal, medio y apical.

Colecta de huevos

Los huevos de *Eupalamides cyparissias* fueron colectados con un aspirador bucal entomológico (Costa, 2015), depositados en frascos plásticos rotulados con los datos de evaluación y ubicación, y posteriormente se registró el número total de huevos por evaluación.

Colecta de larvas y pupas

Las larvas y pupas de *Eupalamides cyparissias* fueron colectadas con un punzón metálico artesanal (Da Silva, 2019), almacenadas en bolsas herméticas rotuladas y se registró por evaluación. En la corona no se realizó cosecha ni destrucción de racimos por restricciones del propietario de la plantación.

Captura de adultos

Los adultos de *Eupalamides cyparissias* fueron capturados con una red entomológica desarmable (Bernardino, 2007) entre las 6:00 y 16:00 h, sexados mediante observación del frénulo alar con lupa entomológica (Costa, 2015), almacenados individualmente en triángulos de papel (Andrade et al., 2013) y registrados por sexo en cada evaluación.

Obtención de depredadores

Siguiendo la metodología de Aldana et al. (2004), se recolectaron hormigas depredando estados inmaduros de *Eupalamides cyparissias*; seguidamente, fueron sacrificadas por congelamiento y conservadas en alcohol etílico al 70 % para su pos-

terior identificación (Bernardino, 2007).

Identificación taxonómica de los especímenes colectados

La identificación preliminar de la plaga y de las hormigas depredadoras se realizó en el laboratorio de Entomología de la UNIA, utilizando las claves taxonómicas de Fernández (2003), Fernández y Sharkey (2006) y Triplehorn y Johnson (2005). Luego se remitió muestras al Servicio Nacional de Sanidad Agraria – SENASA para la confirmación taxonómica de las especies.

Registro de factores climáticos

Los datos mensuales de temperatura, humedad relativa y precipitación acumulada se obtuvieron de la estación meteorológica “Las Palmeras” del SENAMHI, ubicada en el distrito de Campo Verde.

Análisis de los datos

Con SPSS Statistics v. 26.0 se realizaron las pruebas de Shapiro-Wilk y correlación de Pearson ($p < 0,05$) para determinar la relación entre la fluctuación poblacional de *E. cyparissias* y las variables climáticas; además, se elaboraron gráficos de barras y líneas de tendencia para analizar su comportamiento poblacional durante el estudio

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fluctuación poblacional de *E. cyparissias* en palma aceitera

La Tabla 1 se muestra la fluctuación poblacional mensual de *Eupalamides cyparissias* durante junio del 2024 a marzo del 2025, en los diferentes estados de desarrollo. Se registró un total de 1526 huevos, 38 larvas, 1704 pupas y 311 adultos, de los cuales 186 (59.8%) fueron hembras y 125 (40.2%) machos. Sobre la proporción de sexos fue 1,48:1, difiriendo de lo reportado por Aldana et al. (2004) para *Castnia daedalus*, donde predominó el número de machos

(4:1). Las mayores poblaciones de huevos se presentaron en octubre, mientras que las pupas alcanzaron su mayor abundancia en junio. Los adultos fueron más frecuentes

entre noviembre y marzo, evidenciando variaciones poblacionales asociadas a los diferentes ciclos climáticos evaluados.

Tabla 1.
Número mensual de los estados de desarrollo de Eupalamides cyparissias en palma aceitera en el periodo junio, 2024 a marzo, 2025 en Campo Verde, Ucayali

Año	Ciclo	Meses de evaluación	Nº de huevos	Nº de larvas	Nº de pupas	Nº de adultos	
						Hembras	Machos
2024	Seco	Junio	192	0	572	0	0
		Julio	32	0	337	0	0
		Agosto	13	0	294	0	0
	Semi seco	Setiembre	53	0	212	5	2
		Octubre	889	0	106	5	2
		Noviembre	252	12	0	87	57
		Diciembre	80	7	58	22	25
2025	Semi lluvioso	Enero	13	8	50	13	11
		Lluvioso	Febrero	2	1	58	15
	Marzo		0	10	17	39	16
			Total	1526	38	1704	186

En el presente estudio, la mayor población de huevos de *Eupalamides cyparissias* se registró en octubre, las larvas y adultos en noviembre y las pupas en junio. Estos resultados coinciden parcialmente con lo reportado por Pérez e Iannacone (2006) en Ucayali, quienes señalaron mayor presencia de larvas entre diciembre y julio y emergencia de adultos entre agosto y noviembre. Asimismo, Bernardino (2007) reportó en Brasil mayor abundancia de larvas entre enero y julio, pupas en febrero y adultos en octubre y enero, evidenciando diferencias en la dinámica poblacional respecto al presente estudio. En Colombia, Aldana *et al.* (2004) registraron mayores poblaciones de adultos de *Eupalamides cyparissias* (*Castnia daedalus*) entre marzo y junio, mientras que Barrios (2023) encontró mayores poblaciones de *Eupalamides guyanensis* entre marzo y julio. Estas variaciones probablemente se relacionan

con diferencias climáticas, disponibilidad de alimento, manejo agronómico, características del hábitat e interacciones biológicas, factores que influyen en el ciclo de vida y comportamiento poblacional de la especie (Aldana *et al.*, 2004; Aldana y Calvache, 2002; Pérez y Iannacone, 2006).

En la Tabla 2, se observa la distribución de los estados de desarrollo de *Eupalamides cyparissias* en el estípite y la corona de la palma aceitera. En el estípite, los huevos (1147), larvas (25), pupas (1284) y adultos (138) se concentraron principalmente en el tercio medio, seguido del tercio basal. En la corona, las poblaciones fueron menores, registrándose mayor presencia de huevos (57), larvas (3) en el tercio medio, mientras que se registró mayor cantidad de pupas (29) y adultos (22) en el tercio basal. Estos resultados evidencian una marcada preferencia de la plaga por el tercio medio del estípite durante su desarrollo.

Tabla 2.

Número total de huevos, larvas, pupas y adultos de *Eupalamides cyparissias* registrados por rangos del estípite y corona de la palma aceitera en Campo verde, Ucayali.

Estados de desarrollo	Ubicación en la planta de <i>Elaeis guineensis</i>					
	Estípite			Corona		
	Tercio basal	Tercio medio	Tercio apical	Tercio basal	Tercio medio	Tercio apical
Huevo	40	1147	224	52	57	6
Larva	0	25	10	0	3	0
Pupa	238	1284	152	29	1	0
Adulto	122	138	19	22	6	4

Los huevos de *Eupalamides cyparissias* fueron encontrados principalmente en las bases peciolares del estípite y la corona, coincidiendo con lo reportado por Aldana y Calvache (2002), Aldana *et al.* (2004), Aldana (2022) y Aldana *et al.* (2019); además, se identificaron huevos en raíces de helechos epífitos asociados al estípite, similares a las especies registradas por Peláez *et al.* (2019) y Peláez *et al.* (2022).

Las larvas se localizaron en el estípite y axilas foliares, aunque no en racimos, a diferencia de Bernardino (2007), debido a que no se permitió la destrucción de racimos infestados, lo que constituyó una limitación del estudio. Sin embargo, la elevada infestación observada probablemente favoreció el ataque al interior del estípite y la formación de galerías, tal como describen Aldana y Calvache (2002), Aldana *et al.* (2004), Pérez e Iannacone (2006), Aldana (2022) y Aldana *et al.* (2019).

Las pupas fueron observadas en las bases peciolares del estípite, protegidas por un cocón de fibras compactadas, coincidiendo con las descripciones de Aldana y Calvache (2002), Aldana *et al.* (2004), Al-

dana *et al.* (2010), Bernardino (2007), Aldana (2022) y Aldana *et al.* (2019).

Por su parte, los adultos presentaron hábito crepuscular y se localizaron principalmente en el tercio medio e inferior del estípite, asociados a helechos epífitos y materia orgánica en descomposición, resultados similares a los reportados por Aldana y Calvache (2002), Aldana *et al.* (2004), Aldana *et al.* (2010), Bernardino (2007), Aldana (2022) y Aldana *et al.* (2019). Asimismo, machos y hembras mostraron mayor actividad en horas de la tarde, concordando con Pérez e Iannacone (2006) y Aldana (2022). La preferencia de *Eupalamides cyparissias* por el tercio medio del estípite podría explicarse con las condiciones favorables de humedad, menor exposición directa a la radiación solar y protección generadas por las bases peciolares, materia orgánica y helechos epífitos. Además, esta zona presenta tejidos más adecuados para la formación de galerías y el desarrollo de larvas y pupas. Estas condiciones también reducen la desecación y exposición a enemigos naturales, favoreciendo el refugio y permanencia de los adultos.

Enemigos naturales de *E. cyparissias* en palma aceitera

Durante las evaluaciones se identificaron hormigas depredadoras de huevos de *E. cyparissias*, correspondientes a *Camponotus renggeri* Emery, *Neoponera* sp. y

Odontomachus sp. (Hymenoptera: Formicidae), observadas en la plantación de palma aceitera.

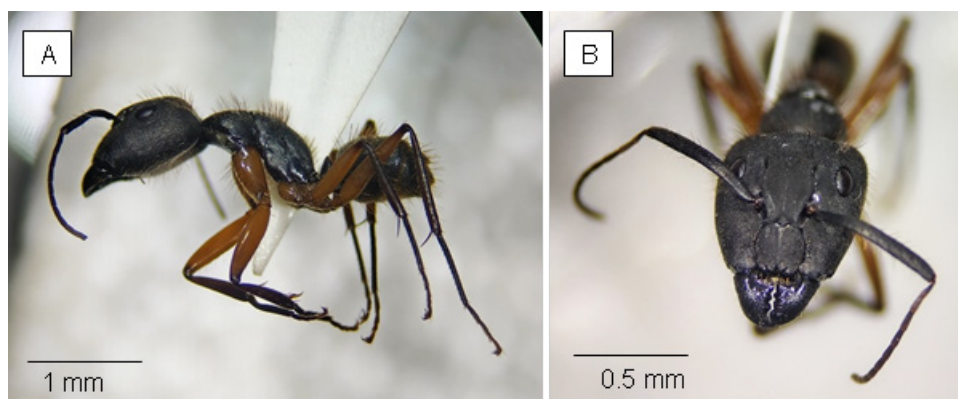


Figura 2: Adulto de la hormiga *Camponotus renggeri* en vista lateral (A) y cabeza en vista frontal (B).

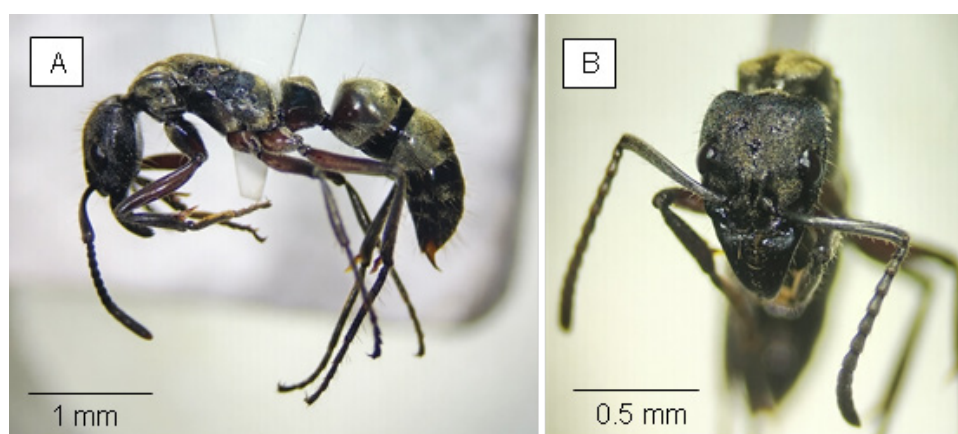


Figura 3: Adulto de la hormiga *Neoponera* sp., en vista lateral (A) y cabeza en vista frontal (B).



Figura 4: Adulto de la hormiga *Odontomachus* sp., en vista lateral (A) y cabeza en vista frontal (B).

El género *Odontomachus* fue identificado depredando huevos de *Eupalamides cyparissias*, coincidiendo con lo reportado por Mariau (2000), Aldana *et al.* (2004) y Korytkowski y Ruiz (1979) en palma aceitera y *Cocos nucifera*. Asimismo, especies de *Odontomachus* y *Neoponera* han sido reportadas depredando larvas de diversos lepidópteros en Indonesia, Malasia y Colombia (Rasidah *et al.*, 2010; Sendoya *et al.*, 2018; Hasan *et al.*, 2023; Barbosa *et al.*, 2024; Lutinski *et al.*, 2024), mientras que en el presente estudio solo fueron observadas consumiendo huevos de *E. cyparissias*.

Por otro lado, Aldana *et al.* (2004) reportaron a *Pachycondyla sp.* depredando huevos de *Castnia daedalus*, género actualmente relacionado taxonómicamente con *Neoponera* (Baccaro *et al.*, 2015; Cordeiro *et al.*, 2020; Schmidt y Shattuck, 2014), lo que podría indicar una posible actualización taxonómica o un nuevo registro para palma aceitera en Ucayali. Además, *Camponotus* constituye el primer reporte regional como enemigo natural de *E. cyparissias*

en palma aceitera. Aunque especies de este género han sido registradas depredando larvas y pupas de lepidópteros en otros cultivos (Chen *et al.*, 2002; Ewuim *et al.*, 2010; Lutinski *et al.*, 2024; Hasan *et al.*, 2023), en esta investigación mostró preferencia por huevos de *E. cyparissias*, posiblemente debido a su mayor accesibilidad y menor capacidad de defensa.

Relación de la población de *E. cyparissias* con las condiciones climáticas

La Tabla 3, presenta las variaciones mensuales de temperatura (°C), humedad relativa (%) y precipitación pluvial (mm) durante el periodo de evaluación. La temperatura promedio fluctuó entre 26,1 y 28,6 °C, y la humedad relativa entre 68,6 y 84,3 %. La precipitación pluvial acumulada registró valores bajos entre junio y julio (4,3–6,6 mm), incrementándose desde agosto hasta alcanzar los mayores valores en noviembre (87,4 mm) y marzo (84,1 mm), evidenciando la transición entre los periodos seco, semiseco y lluvioso.

Tabla 3.
Valores de temperatura (°C), humedad relativa (%) y precipitación pluvial (mm) registradas de junio 2024 a marzo 2025 en el distrito de Campo verde, Ucayali

Meses	Temperatura (° C)	Humedad relativa (%)	Precipitación pluvial (mm)
Junio	27,0	77,8	4,3
Julio	26,3	75,1	6,6
Agosto	27,4	68,6	20,1
Setiembre	28,6	69,7	31,2
Octubre	28,1	73,4	57,9
Noviembre	26,9	81,2	87,4
Diciembre	27,0	79,8	80,8
Enero	27,1	78,1	59,7
Febrero	26,4	82,6	60,7
Marzo	26,1	84,3	84,1

La Tabla 4, muestra la correlación entre los estados de desarrollo de *Eupalamides cyparissias* y las variables climáticas evaluadas. La población de larva presentó correlación positiva significativa con la humedad relativa (%) ($r = 0,821^*$; $p = 0,004$) y la precipitación pluvial (mm) ($r = 0,899^{**}$; $p = 0,000$). En contraste, la población de pupa mostró correlación negativa significativa con ambas variables climáticas, humedad relativa (%) ($r = -0,711^*$; $p = 0,021$) y

precipitación pluvial (mm) ($r = -0,960^{**}$; $p = 0,000$). Asimismo, la población de adultos evidenció correlación positiva significativa con la humedad relativa (%) ($r = 0,800$; $p = 0,005$) y la precipitación pluvial (mm) ($r = 0,985$; $p = 0,000$). No se encontraron correlaciones significativas entre la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y los diferentes estados de desarrollo del insecto, además la población de huevos no presentó correlación significativa con los factores climáticos.

Tabla 4.
Correlación entre la población de los estados de desarrollo de Eupalamides cyparissias y condiciones climáticas de junio, 2024 a marzo, 2025 en Campo Verde, Ucayali.

Estados de desarrollo	Correlación	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Humedad relativa (%)	Precipitación pluvial (mm)
Huevo	r	0,433	-0,328	-0,122
	p	0,211	0,354	0,738
Larva	r	-0,486	0,821*	0,899*
	p	0,154	0,004	0,000
Pupa	r	-0,203	-0,711*	-0,960*
	p	0,699	0,021	0,000
Adulto	r	-0,448	0,800*	0,985*
	p	0,374	0,005	0,000

En el presente estudio, la temperatura no mostró efecto significativo sobre el estado de desarrollo de *Eupalamides cyparissias*, difiriendo de lo reportado por Bernardino (2007), quien encontró mayor ocurrencia de larvas con temperaturas cercanas a 25°C y alta humedad relativa (%), además de una mayor población de adultos en periodos de menor precipitación. No obstante, Bernardino (2007), Asch y Visser (2007), Reis (2004) y Rickel (2002) coinciden en que las variables climáticas, especialmente la temperatura, influyen en el desarrollo y ocurrencia de diversas especies de lepidópteros. La correlación positiva de larvas y adultos con la humedad relativa (%) y precipitación pluvial (mm) explica que las condiciones húmedas fa-

vorecen la supervivencia, actividad y desarrollo de *Eupalamides cyparissias*. En contraste, las pupas presentaron correlación negativa, posiblemente porque los periodos menos lluviosos ofrecen condiciones más estables para la pupación. Además, la elevada humedad podría afectar esta fase por el desarrollo de microorganismos o deterioro de las fibras protectoras del cocon. Asimismo, la ausencia de correlación con la temperatura probablemente se deba a la baja variabilidad térmica registrada durante el estudio ($26,1\text{--}28,6^{\circ}\text{C}$), sugiriendo que la temperatura permaneció dentro de límites adecuados para el desarrollo del insecto, sin generar efectos marcados sobre su fluctuación poblacional.

CONCLUSIONES

Los estados de desarrollo del insecto fueron encontrados mayormente en tercio medio del estípite de la palma aceitera.

Se identificaron tres especies de hormigas: *Camponotus renggeri*, *Neoponera sp.* y *Odontomachus sp.*, como depredadores de huevos de *Eupalamides cyparissias* en el cultivo de palma aceitera en Campo Verde, Ucayali.

La temperatura no afectó a ninguno de los estados del desarrollo del insecto.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad Nacional Inter-cultural de la Amazonía, Vicerrectorado de Investigación por el financiamiento de la Investigación, aprobado mediante Resolución Vicerrectoral N°023-2024-UNIA-VRI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abello, R. B. (2019). Principales Insectos asociados al cultivo de palma de Aceite en el Departamento del Meta. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio de Universidad Nacional Abierta y a Distancia. <https://repositorio.unad.edu.co/handle/10596/27956>
- Aguilar, G. N., Arias, A. N., y Santoyo, C. V. (2013). La palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.): avances y retos en la gestión de la innovación. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 141 p. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/6472388d-2443-4986-badd-c3cc3d7988d2>
- Aldana, T. R. (2022). Reaparece *Eupalamides guyanensis* ¡Es urgente actuar ya!. Boletín El Palmicultor, 602, 10-11. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmicultor/article/view/13798>
- Aldana T. R., Aldana, T. J., Calvache, G. H., y Bautista, P. (2010). Manual de plagas de la palma de aceite en Colombia. 4ta ed. Centro de Investigación en Palma de Aceite – CENIPALMA. Bogotá, Colombia. 198 p. <https://www.cabi.org/wp-content/uploads/Aldana-2010-Oil-palm-pest-manual.pdf>
- Aldana, T. R., Bustillo, P. A., y Barrios, J. (2019). *Eupalamides guyanensis*, enemigo silencioso. Poster presentado en: XV Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Bucaramanga, Colombia. https://www.cenipalma.org/wp-content/uploads/2019/10/7.-Eupalamides-guyanensis-enemigo-silencioso_compressed.pdf
- Aldana, T. R., y Calvache, G. H. (2002). Biología, Hábitos y Manejo de *Cyparissius (Castniia) daedalus* Cramer, Barrenador Gigante de la Palma. Centro de Investigación en Palma de Aceite - CENIPALMA. Bogotá, Colombia. Boletín técnico, 15, 37 p. <https://catalogo.fedepalma.org/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=24785>
- Aldana, R. C., Calvache, G. H., y Higuera, O. (2004). Manejo integrado de *Cyparissius daedalus* Cramer en los Llanos Orientales. *Revista Palmas*, 25(2), 249-258. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1089>

- Aldana, T. R., Montes, B. L., Barrios, T. C., Matabanchoy, S. J., Beltrán, A. I., Rose-ro, G. M., y Bustillo, P. A. (2017). Guía de bolsillo para el reconocimiento de las plagas más frecuentes en la palma de aceite. Centro de Investigación en Palma de Aceite – CENIPALMA. Bogotá, Colombia. 60 p. <https://fedepalma.org/wp-content/uploads/2017/10/Guia-de-bolsillo-para-el-reconocimiento-de-las-plagas-mas-frecuentes-en-la-palma-de-aceite.pdf>
- Amasifuen, P. J. (2022). Evaluación de plaguicidas en cultivos de Palma aceitera (*Elaeis guineensis*), para la Identificación del Impacto ambiental. [Tesis de Pregrado. Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/92988>
- Andrade, C. M., Henao, B. E., y Triviño, P. (2013). Técnicas y procesamiento para la recolección, preservación y montaje de Mariposas en estudios de biodiversidad y conservación. (Lepidoptera: Hesperioidea - Papilionoidea). Revista de la Academia Colombiana de Ciencias, 37(144), 311-325. <https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/12>
- Asch, V. M., y Visser, M. E. (2007). Phenology of forest caterpillars and their host trees: the importance of synchrony. *Annual Review of Entomology*, 5, 237-55. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091418>
- Baccaro, F. B., Feitosa, R. M., Fernández, F., Fernandes, I. O., Izzo, T. J., Souza, J. D., y Solar, R. (2015). Guia para os gêneros de formigas do Brasil. Editora INPA. 388 p. https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/Livro_Formigas_2015.pdf
- Barbosa, F. E., Oliveira, F. I., y Lattke, B. J. (2024). Looking at upside-down ants: Taxonomic revision of the Neotropical species of *Odontomachus* Latreille, 1804 (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae). *Zootaxa*, 5502(1), 1-166. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5502.1.1>
- Barrios, T. J. (2023). Experiencias en el manejo integral de *Eupalamides guyanensis* en la plantación Palmar de Santa Bárbara S.A.S - Puerto Gaitán - Meta. XIII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. 34 p. <https://www.cenipalma.org/wp-content/uploads/2023/10/Juan-Gabriel-Barrios-Trilleras.pdf>
- Bernardino, A. S. (2007). Flutuação populacional da broca-da-coroa-foliar *Eupalamides cyparissias* (Lepidoptera: Castiniidae) em plantios de Dendê (*Elaeis guineensis*) no estado do Pará. [Tese de Posgrado. Universidade Federal de Viçosa]. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/42845807/Population_fluctuation_of_Eupalamides_cy20160219-25230-f206w0-libre.pdf
- Bustillo, A. (2014). Manejo de insectos plaga de la palma de aceite con énfasis en el control biológico y su relación con el cambio climático. *Palmas*, 35(4), 66-77. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11035>
- Cáceres, G. A. (2021). Identificación e incidencia de insectos plaga del fruto de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.), en plantaciones establecidas en el distrito de Campo verde. [Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali <https://hdl.handle.net/20.500.14621/5039>

- Calvache, H., Aldana, R.C., y Obando, O. (2000). *Cyparissius daedalus* Cramer (*Castnia daedalus*) Barrenador gigante de la palma. *Ceniavances*, 70 ;1-3. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/ceniavances/article/view/10395>
- Camacho, V. A., Hidalgo, R. L., y Flores, J. J. (2018). Guía metodológica para caracterización morfoagronómica y productiva de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) del núcleo genealógico de la Estación Experimental Agraria Pucallpa. PNIA. Pucallpa, Perú. 12 p. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/741>
- Costa, D. L. (2015). Estudo químico e morfológico da broca-da-coroa-foliar *Eupalamides cyparissias* (Fabricius, 1776) (Lepidoptera: Castniidae) de Arecáceas. [Tese de Doutorado, Universidade Federal de Alagoas]. https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFAL_521221e3c4f1fe2ab72d1cbb529e20e8
- Cordeiro N. A., Oliveira F. I., y Pereira, S. J. (2020). Morfometria das operárias de *Ponerinae* (Hymenoptera: Formicidae) em áreas de floresta ombrófila amazônica. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais, Belém*, 15 (1), 165-198. <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.248>
- Da Silva, B. K. (2019). Semioquímicos envolvidos na interação intraespecífica de *Eupalamides cyparissias* (Fabricius) (Lepidoptera: Castniidae) e *Automeris liberia* (Cramer) (Lepidoptera: Saturniidae) pragas de Arecaceae. [Tese de Doutorado, Universidade Federal de Alagoas]. <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/5170>
- Delgado, C., y Couturier, G. (2003). Relationship between *Mauritia flexuosa* and *Eupalamides cyparissias* in the Peruvian Amazon. *Palmas*, 47(2), 104-106. <http://www.iiap.org.pe/upload/Publicacion/DelgadoMauritia.pdf>
- Ewuim, S. C., Akunne, C. E., Anumba, A., y Etaga, H. O. (2010). Insects Associated with Palmwine from Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) In Alor, Southeastern Nigeria. *Nigerian Journal of Entomology*, 27, 83-88. https://www.esnjournal.com.ng/download/Vol_27/Vol27_3.pdf
- Fernández, F., y Sharkey, M. (2006). Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical. Sociedad Colombiana de Entomología, Bogotá. 894 p. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/34432>
- Fernández F. 2003. Introducción a las Hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 398 p. <https://core.ac.uk/download/pdf/30440979.pdf>
- Hasan, A., Efendi, S., Yaherwandi, Y., y Awaluddin, A. (2023). Estructura de la comunidad de hormigas en una plantación de palma aceitera que bordea el bosque secundario. *Jurnal Agronomi Tanaman Tropika (Juatika)*, 5(1); 193-206. <https://doi.org/10.36378/juatika.v5i1.2686>
- Hernández, R. D., López, B. F., y Bonilla, M. M. (2018). Análisis preliminar de la dinámica de uso del suelo asociada al cultivo palma de aceite (*Elaeis guineensis*) en México. *Agrociencia*, 52; 875-893. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000600875

- JUNPALMA (Junta Nacional de la Palma de aceite del Perú). 2021. Reporte estadístico de la producción de palma aceitera en el Perú. Lima, Perú. 10 p. <https://junpalma-peru.org/publicaciones/palma-aceitera-en-el-peru-2021/>
- Korytkowski, C. A., y Ruiz, E. (1979). El Barreno de los racimos de la palma aceitera *Castnia daedalus* Cramer en la plantación de Tocache (Perú). *Revista Peruana de Entomología*, 22(1); 49-62. <https://www.revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peru-entomol/article/view/685>
- Lutinski, J. A., Lutinski, C. J., Ortiz, A., Zembruksi, F. S., Ripke, M. O., y Garcia, F. R. (2024). Biological Control Using Ants: Current Status, Opportunities, and Limitations. *Agronomy*, 14; 1-25. <https://doi.org/10.3390/agronomy14071558>
- Mariau, D. (2000) La faune du palmier à huile et du cocotier. 1. Les lépidoptères et les hémiptères ainsi que leurs ennemis naturels. Montpellier, France, CIRAD·cp. 97 p. <https://agritrop.cirad.fr/263986/>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego – (MIDAGRI). (2024). Perfil Productivo Regional. Sistema de Integrado de Estadística Agraria. <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYjYwYTk5MDgtM2M0MS00NDMyLTgzNDYtMjNhNmEzYWQyOTNlIiwidCI6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OTE3LTk0Yjg2ZmQzNWYzZiJ9>
- Nájera, R. M., y Souza, B. (2010). Insectos Benéficos. Guía para su Identificación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Michoacán, México. 75 p. [https://www.ciaorganico.net/documypublic/551_INSECTOS_BENEFICOS_Guia_\(2\).pdf](https://www.ciaorganico.net/documypublic/551_INSECTOS_BENEFICOS_Guia_(2).pdf)
- Navarro, R., y Liendo, R. (2010). Fluctuación poblacional de Scolytidae (Insecta: Coleoptera) en cacao del estado de Aragua, Venezuela. *Agronomía Tropical*, 60(3), 255-261. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5239135>
- Ortiz, P. E. (2006). Evaluación de la comunidad de insectos controladores y parásitos en una huerta biológica en el Municipio de la Mesa de los Santos, Santander. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia. 64 p. <https://hdl.handle.net/1992/22619>
- Peláez, P. F., Alarcón, R. N., Zelada, E. W., Torres, D. J., Castillo, B. H. Vergara, S., Mondragón, D. M. (2022). Licófitos y helechos en bosque primario y plantación de *Elaeis guineensis*, Shanusi. *Rebiol*, 42(2), 199-212. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/5151/5428>
- Peláez, P. F., Torres, J., Zelada, E. W., Castillo, B. H., y Alarcón, R. N. (2019). Helechos epífitos en *Elaeis guineensis* “palma aceitera”, en Shanusi y Tocache, San Martín, Perú. *Rebiol*, 39, 11-17. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/2473/2847>

- Pérez, D., y Iannaccone, J. (2006). Comportamiento e infestación de *Eupalamides cyparissias* (Fabricius) (Lepidoptera: Castniidae) en palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacquin, Arecaceae) en la Amazonía peruana. *Revista Peruana de Entomología*, 45, 135-137. https://www.revperuentomol.com.pe/files/index_php/rev-peru-entomol/article/download/216/191/791.pdf
- Pérez, H. H., y Pérez, S. M. (2023). ¿La palma aceitera (*Elaeis guineensis*) genera un impacto negativo sobre el suelo? Una revisión. *Agronomía Mesoamericana*, 34(1), 1-22. <https://www.redalyc.org/journal/437/43772368015/html/>
- Rasidah, H. N., Akmal, J. W., y Mohd, N. M. (2010). Ant diversity in a Peninsular Malaysian mangrove forest and oil palm plantation. *Asian Myrmecology*, 3, 5-8. <https://doi.org/10.20362/am.003002>
- Reis, J. R. (2004). Desenvolvimento de um modelo para previsão de ocorrência de *Ecdytolopha aurantiana* (Lima, 1927) (Lepidoptera: Tortricidae) e um sistema web integrado de apoio ao citricultor. [Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2005000400014>
- Rickel, E. R. (2002). Dinâmica populacional e previsão da atividade de vôo de *Grapholia molesta* (Busk, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) em pomares de pessegueiro e ameixeira. [Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa]. <https://locus.ufv.br/items/f68340e8-b4c4-4e30-bcdb-0bc8d2af20c2>
- Ripa, S. R., y Larral, D. P. (2008). Manejo de plagas en paltos y cítricos. Colección Libros INIA - *Instituto de Investigaciones Agropecuarias*, 23(7), 99-105. <https://frutales.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/01/cit-16-manejo-de-plagas-en-paltos-y-cc3adtricos.pdf>
- Rodríguez, G. G., Silva, A. R., Cásares, M. R., Díaz, Q. A., y Barrios, M. R. (2012). Fluctuación poblacional de las fases inmaduras de *Opsiphanes cassina* Felder (Lepidoptera: Nymphalidae) en palma aceitera, estado Monagas, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(4), 845-854. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6104320>
- Sendoya, C. C., Matabanchoy, S. J., Pastrana, S. J., y Bustillo, P. A. (2018). Enemigos nativos de *Sagalassa valida* Walker (Lepidoptera: Glyphipterigidae) en plantaciones de palma de aceite. Poster presentado en: XIV Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Bucaramanga, Colombia. https://www.researchgate.net/publication/332593345_Enemigos_nativos_de_Sagalassa_valida_Walker_Lepidoptera_Glyphipterigidae_en_plantaciones_de_palma_de_aceite
- Schmidt, C. A., y Shattuck, S. O. (2014). The higher classification of the ant subfamily Ponerinae (Hymenoptera: Formicidae), with a review of Ponerine ecology and behavior. *Zootaxa*, 3817(1), 1-242. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3817.1.1>
- Triplehorn, C., y Johnson, N. (2005). Borror and Delong's. Introduction to the Study of Insects. 7a ed. USA. 888 p. https://www.academia.edu/30669150/Borror_and_Delong_2005_Study_of_Insects

Declaración de roles de autores:

- Gey Macuyama-Ríos.: Investigación, conceptualización, metodología y administración del proyecto.
- Ena Velazco-Castro.: Conceptualización, metodología, estadística y revisión y edición.
- Bladimir Guerra-Ambrosio.: Supervisión, metodología, análisis de datos y borrador origina

Efecto del ácido giberélico sobre las semillas de pitahaya silvestre (*Armatocereus laetus* (Kunth) Backeb) en etapa de germinación, Lluán – Calamarca – Julcán

Effect of gibberellic acid on seeds of wild pitahaya (Armatocereus laetus (Kunth) Backeb) at the germination stage, Lluán-Calamarca-Julcán

 Pedro O. Medrano-Rojas

 Armando E. Gil- Rivero

 Segundo E. López-Medina

 José Mostacero- León

 Anthony J. De La Cruz-Castillo

 Carmen L. Gonzales-Velásquez

arivero@unitru.edu.pe 

Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú

Recibido: 13/08/2025

Revisado: 28/09/2025

Aceptado: 04/12/2025

Publicado: 06/01/2026

RESUMEN

El género *Armatocereus*, se localiza principalmente en el norte del Perú y en áreas limítrofes con Ecuador. Esta cactácea arbórea, comúnmente denominada “pitahaya”, produce frutos de sabor dulce y notable valor nutricional. Debido a su condición silvestre, los estudios que aborden sus procesos de germinación son prácticamente inexistentes. Por ello, la presente investigación tuvo como finalidad analizar cómo el ácido giberélico influye en el comportamiento germinativo de *Armatocereus laetus* (Kunth) Backeb., conocida como “pitahaya silvestre”, recolectada en Lluán, Calamarca, Julcán-La Libertad. Las fases experimentales se realizaron en el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo. Los frutos maduros fueron obtenidos bajo autorización del SERFOR, identificados botánicamente en el Herbarium Truxillense y procesados para extraer sus semillas. Estas fueron sometidas a escarificación mecánica y posteriormente se expusieron a tres concentraciones de ácido giberélico: 0, 100 y 200 ppm. Los parámetros analizados incluyeron el porcentaje de germinación, la velocidad de emergencia y la vitalidad de las plántulas. La información obtenida fue procesada estadísticamente mediante análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey, utilizando el software RStudio versión 4.3.2. Los resultados reflejaron diferencias significativas entre los tratamientos, estableciendo tres grupos homogéneos. La concentración de 200 mg x kg⁻¹ obtuvo el desempeño más favorable, seguida de 100 mg x kg⁻¹, mientras que el control (0 mg x kg⁻¹) presentó la respuesta más baja. De esta manera, se concluye que la aplicación de 200 mg x kg⁻¹ de ácido giberélico potencia de manera óptima la germinación y vitalidad de *Armatocereus laetus* “pitahaya silvestre”.

Palabras claves adicionales: *Armatocereus*, porcentaje de germinación, velocidad y vitalidad.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Rev. Investigaciones ULCB. Ene - Jul.13(1), 2026; ISSN: 2409 - 1537;112-125

ABSTRACT

The genus *Armatocereus* is found mainly in northern Peru and in areas bordering Ecuador. This tree cactus, commonly known as “pitahaya,” produces sweet-tasting fruits with notable nutritional value. Due to its wild nature, studies addressing its germination processes are practically nonexistent. Therefore, the present study aimed to analyze how gibberellic acid influences the germination behavior of *Armatocereus laetus* (Kunth) Backeb., known as “wild pitahaya,” collected in Lluán, Calamarca, Julcán, and La Libertad. The experimental phases were carried out in the Biotechnology Laboratory of the Faculty of Biological Sciences of the National University of Trujillo. The ripe fruits were obtained with authorization from SERFOR, botanically identified in the Herbarium Truxillense, and processed to extract their seeds. These plants were subjected to mechanical scarification and subsequently exposed to three concentrations of gibberellic acid: 0, 100, and 200 ppm. Parameters analyzed included germination percentage, emergence rate, and seedling vitality. The information obtained was statistically analyzed using analysis of variance (ANOVA) and the Tukey test, using RStudio version 4.3.2 software. The results showed significant differences between treatments, establishing three homogeneous groups. The 200 mg . kg⁻¹ concentration performed most favorably, followed by 100 mg . kg⁻¹, while the control (0 mg . kg⁻¹) showed the lowest response. Thus, it is concluded that the application of 200 mg . kg⁻¹ of gibberellic acid optimally enhances the germination and vitality of *Armatocereus laetus* “wild pitahaya”.

Keywords: *Armatocereus*, germination percentage, speed and vitality.

INTRODUCCIÓN

La pitahaya, también llamada “fruta dragón”, es una cactácea que puede pertenecer al género *Hylocereus*, *Selenicereus* o *Armatocereus*. Su centro de origen es América Central, posteriormente se domesticó y fue cultivada en diversos países tropicales y subtropicales (MIDAGRI, 2024; Wu, 2005). En Perú su origen se reporta en la selva y en la sierra, donde se desarrollaba de manera silvestre, donde pobladores nativos consumían sus frutos como parte de su dieta tradicional. Su cultivo a gran escala en Perú, es relativamente joven comparado con los países vecinos, quienes desde los 90 mantiene un flujo exportador considerable. El crecimiento de la demanda nacional e internacional contribuyó a que Perú pase de 34,2 a 419,2 hectáreas en el periodo entre 2019 al 2023, contando con un crecimiento del 87,1% (MINAGRI, 2024). Diversos es-

tudios reportan un óptimo comportamiento agronómico y una alta productividad de esta especie en suelos arenosos de la región costera peruana, en altitudes comprendidas entre los 0 y 1 200 metros sobre el nivel del mar (Abatal *et al.*, 2022; León, 2020 y Litardo *et al.*, 2020).

Esta creciente demanda corresponde a sus propiedades nutricionales y medicinales que cuenta este fruto. Destacando propiedades laxantes, antioxidantes y antiinflamatorias, debido a la presencia de fibra soluble, minerales como: el hierro, fósforo y calcio; complejo B, vitamina C, fenoles y ácido ascórbico. Sus semillas son ricas en omega 3 y antioxidantes, previniendo el desarrollo de enfermedades neoplásicas y autoinmunes. Todas estas características permiten catalogar a la pitahaya como un alimento nutraceutico, ya que aparte de nu-

trir, tiene la capacidad de prevenir y/o curar enfermedades (Bozkurt *et al.*, 2020; Rocha *et al.*, 2020 y Tang *et al.*, 2021).

El género *Armatocereus*, pertenece a la familia de las Cactaceae. Fue mencionado por primera vez por Backeberg en el libro KAKTUS ABC en 1935. Mas adelante fue Carlos Ostolaza quien lo identificó y describió como una especie de cactus endémica para Sudamérica. Morfológicamente es un cactus arbóreo, de color verde-gris, muy ramificado, tronco corto, ramas erectas, 4-6 metros de altura, y articuladas en 6-9 costillas. Su flor es tubular de 7-8 cm de largo, tépalos internos blancos. El fenómeno conocido como antesis es muy común en las cactáceas y se caracteriza por la apertura de las flores durante la noche (González, 2020; González, 2013). En este proceso, las mariposas nocturnas y los murciélagos desempeñan un papel crucial en la polinización, mientras que los pájaros frugívoros son responsables de la dispersión de las semillas (Ribeiro de Freitas *et al.*, 2021 y Velíz *et al.*, 2009).

El fruto de *Armatocereus* es de forma ovoide, de color verde, con un tamaño de 8-13 cm, muy espinoso, pulpa blanca y con abundantes semillas negras. Sus frutos son muy apreciados por los pobladores de la provincia de Julcán, debido a su exquisitez, quienes recolectan una vez al año durante el periodo de enero a marzo. Su denominación de "pitahaya", se debe al parecido en cuanto sabor y textura con los frutos del género *Hylocereus* y *Selenicereus* (Bozkurt *et al.*, 2020; Fontanetti *et al.*, 2021 y Trivellini *et al.*, 2020). Actualmente con el boom de la exportación de las variedades comerciales de pitahaya, surge la necesidad de conocer y caracterizar parentales silvestres con fines de mejoramiento. Por tanto, surge la necesidad de recabar información y au-

mentar el conocimiento estado de la especie *Armatocereus laetus* (Kunth) Backeb. "pitahaya silvestre", desde lo más básico que va desde los estudios morfométricos y de germinación, hasta lo más complejo que es el mejoramiento genético (Garbanzo *et al.*, 2021; Ostolaza, 2014 y Verona *et al.*, 2020).

La propagación de las variedades comerciales de pitahaya se realiza por la vía sexual y asexual. El uso de esquejes es la más empleada en el sector agroexportador ya que garantiza uniformidad del genotipo, prendimiento y crecimiento rápido, conservando el potencial del acervo genético de la planta madre. Por otro lado, la susceptibilidad a patógenos, plagas y al cambio climático conlleva a explorar el potencial de los parentales silvestres. Siendo la propagación por semilla botánica la mejor vía para estudiar y comprender todo el acervo genético de una especie en estudio, para seleccionar los mejores genotipos con características deseables, como alto aporte nutricional y rendimiento. Por tanto, los estudios de germinación son los iniciadores de toda especie vegetal con investigación potencial (Cevallos, 2012 y Montesinos *et al.*, 2015).

La germinación de las semillas es un proceso que implica una serie de cambios metabólicos y morfológicos, culminando en la transformación del embrión en una plántula autosuficiente, capaz de crecer y desarrollarse hasta convertirse en una planta adulta. Toda semilla consta de un embrión, endospermo y una envoltura o testa que protege toda su estructura. Condiciones favorables como la humedad y temperatura contribuyen con el alargamiento de los ejes embrionarios. Por tanto, las pruebas de germinación como: el porcentaje de germinación, velocidad de ger-

minación y vitalidad son esenciales para comprender el proceso germinativo y estimar la calidad de las semillas (Reyes *et al.*, 2013; Suárez *et al.*, 2021 y Rodríguez *et al.*, 2008).

El ácido giberélico es un regulador de crecimiento vegetal que desempeña roles importantes en la germinación de semillas, elongación de tallos, inducción de la floración, incremento del crecimiento de frutos y manejo del estrés abiótico. Las giberelinas están implicadas con en el control y promoción de la germinación de las semillas; el ácido giberélico puede romper la latencia de las semillas y remplazar la necesidad de estímulos ambientales, tales como luz y temperatura (González, 2013). Por ello, ante la necesidad de un mayor conocimiento sobre el comportamiento germinativo de *A. laetus* (Kunth) Backeb., se propuso como objetivo de investigación determinar el efecto del ácido giberélico sobre las semillas de *Armatocereus laetus* (Kunth) Backeb. “pitahaya silvestre” en etapa de germinación, Lluán – Calamarca – Julcán.

MATERIAL Y METODOS

Colecta y transporte de material biológico. Se colectó frutos y una rama florífera provenientes de Lluán, Calamarca, Julcán-La Libertad, entre los meses de diciembre a enero. A su vez se tomó datos sobre la latitud, localidad, temperatura y coordenadas empleando GPS. El material biológico fue colectado en bolsas de papel, se rotuló y transporto al Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo (Figura 3).

Identificación y registro de herbario. La rama florífera de *Armatocereus laetus* (Kunth) Backeb. “pitahaya silvestre” fue colocada en prensa botánica, para su co-

recta presentación al Herbarium Truxillense (HUT). Una vez que la muestra secó se procedió al herborizado. Al termino se procedió a su identificación y registro por parte del curador del HUT, asignándole el código: 65718.

Características germinativas. En laboratorio, una vez obtenidas las semillas estas fueron escarificadas mecánicamente con lija (N° 80), para posteriormente distribuir las en los diferentes tratamientos de ácido giberélico (00, 100 y 200 ppm). Posteriormente las semillas fueron distribuidas en frascos de vidrio donde fueron embebidas con agua y ácido giberélico según concentración por 12 horas. Cumplido este tiempo se procedió a distribuir por tratamiento. Considerándose 3 repeticiones por tratamiento, a su vez cada repetición constó de 100 semillas. El tiempo de duración del experimento fue de 25 días en condiciones de laboratorio. Las condiciones ambientales fueron de 25 ± 2 °C y una humedad relativa de 78 %.

Determinación del porcentaje de germinación. Para ello se contabilizó el número de semillas germinadas por un periodo de 20 días. Un parámetro que se tomó en cuenta es el tamaño de radícula, el cual fue de 0,5 cm de largo. El porcentaje de germinación (PG), se calculó utilizando la siguiente formula (Courtis, 2013):

$$PG = \left(\frac{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas}}{N^{\circ} \text{ de semillas sembradas}} \right) \times 100$$

Determinación de la velocidad de germinación. Se aplicó la siguiente formula (Pece *et al.*, 2010)

$$G = \frac{N_1 \times G_1 + N_2 \times G_2 + \dots + N_n \times G_n}{G_1 + G_2 + \dots + G_n} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i G_i}{\sum_{i=1}^n G_i} \quad (1)$$

Donde:

Ni: Número de semillas germinadas el día inicial.

Gi: Tiempo de germinación transcurrido desde la siembra.

Determinación de la vitalidad de las semillas. Para este cálculo se empleó el índice de Czabator. Para ello se construyó un gráfico con los porcentajes acumulados de la germinación. De tal manera que se obtuvo la curva de germinación, en este gráfico se identificó el valor más alto de la curva de germinación (VA) y la germinación media diaria (GMD).

$$IC = \frac{VA}{GMD}$$

Donde:

IC: índice de Czabator

VA: valor más alto de la curva de germinación
GMD: germinación media diaria

Donde: “Va es el valor más alto obtenido del porcentaje de germinación dividido entre el tiempo de duración del ensayo y GMD es la germinación media diaria, que viene a ser el porcentaje final de germinación entre el número de días que duró el ensayo” (Hartmann y Kester, 1990).

Diseño Muestral y procesamiento de datos. Se empleó un diseño completamente al azar, conformado 3 tratamientos y 3 repeticiones, a su vez con un total de 100 unidades experimentales por cada repetición. Se contabilizó el número de semillas germinadas en base a los parámetros sugeridos en la metodología. Los datos obtenidos fueron ordenados en tablas y figuras para su correspondiente análisis estadístico e interpretación. El análisis de datos se realizó considerando la estadística descriptiva y la estadística inferencial. Para la estadística descriptiva, se calcularon las medidas de tendencia central (promedio) y de dispersión (desviación estándar, coeficiente de variación e intervalos de confianza al 95

%), así como los valores mínimos y máximos para cada variable evaluada. Además, se generaron gráficos de curvas de germinación acumulada que permitieron visualizar el comportamiento de la germinación a lo largo del tiempo para cada tratamiento y sus réplicas, así como diagramas de cajas y bigotes para representar la distribución de los datos en cada variable. Para la estadística inferencial, se aplicó la prueba de análisis de varianza (ANOVA) unifactorial para determinar diferencias significativas entre tratamientos, considerando un nivel de significancia de 0.05. Posteriormente, se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey para establecer los grupos homogéneos entre tratamientos. Todo el procesamiento estadístico y la generación de gráficos se realizaron utilizando el software libre RStudio versión 4.3.2. Los análisis revelaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) para todas las variables evaluadas, con una clara tendencia al incremento en los valores conforme aumentaba la concentración de ácido giberélico, siendo el tratamiento de 200 mg x kg⁻¹ el que mostró los mejores resultados en todas las características germinativas evaluadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cultivo de *Armatochereus laetus* (Kunth) Backeb. “pitahaya silvestre”, depende de condiciones específicas para iniciar el metabolismo necesario para su desarrollo (Esquivel y Araya, 2012 y Ortiz y Carrillo, 2012). Si bien la germinación es el inicio del desarrollo de una semilla hasta plántula, se requiere de una adecuada humedad, temperatura, disponibilidad de oxígeno y en algunos casos, luz (Bewley et al., 2013). El análisis estadístico del estudio sobre el efecto del ácido giberélico en *Armatochereus* revela tendencias consis-

tentes en todas las variables evaluadas. El porcentaje de germinación mostró valores mínimos y máximos que se incrementaron según la concentración del regulador, desde 41,0-45,0 % (0 mg x kg⁻¹), 53,0- 59,0 % (100 mg x kg⁻¹), hasta 75,0- 91,0 % (200 mg x kg⁻¹), con promedios e intervalos de confianza al 95,0 % de 43,0 % [38,0- 48,0], 56,0 % [48,5- 63,5] y 83,7 % [63,6-100], respectivamente. La velocidad germinativa siguió un patrón similar, con rangos que aumentaron desde 29,6- 33,0 (0 mg x kg⁻¹), 41,2- 46,2 días (100 mg x kg⁻¹), hasta 63,9- 76,3 días (200 mg x kg⁻¹), con promedios de 31,1 [26,8- 35,4], 43,7 [37,5- 49,9] y 71,4 [55,0-87,7] días, respectivamente. El índice de Czabator de vitalidad evidenció un incremento notable en sus rangos, desde 2,9- 3,5 (0 mg x kg⁻¹), 5,7- 7,0 (100 mg x kg⁻¹), hasta 12,7- 18,7 (200 mg x kg⁻¹), con promedios de 3,2 [2,5- 3,9], 6,3 [4,7- 7,9] y 16,2 [8,4- 23,9], respectivamente. La desviación estándar y el coeficiente de variación mostraron un incremento progresivo con la concentración del ácido giberélico, manteniendo una distribución muy homogénea (CV<10 %, según anexo 1) para el porcentaje y velocidad de germinación, mientras que el índice de Czabator presentó mayor variabilidad a concentraciones más altas. Los datos reflejan un efecto positivo del ácido giberélico en la germinación de *Armatocereus*, con una mayor respuesta a concentraciones más altas, aunque con una ligera pérdida de homogeneidad en los tratamientos más elevados. En la figura 1 se muestran las curvas de germinación acumulada de *Armatocereus* bajo tres concentraciones diferentes de ácido giberélico (0, 100 y 200 ppm) durante un período de evaluación de 25 días. Las curvas revelan un patrón de respuesta diferencial según la concentración aplicada. En el tratamiento control (0 ppm), se observa una germina-

ción máxima entre 41,0 % y 45,0 % que se estabiliza alrededor del día 20. Con 100 mg x kg⁻¹, la germinación se incrementa notablemente, alcanzando valores entre 53,0 % y 59,0 %, también con una estabilización cerca del día 20. El tratamiento con 200 ppm muestra el mejor desempeño germinativo, logrando porcentajes finales entre 75,0 % y 91,0 %, con una fase de germinación más intensa entre los días 5 y 15, seguida de una estabilización. La consistencia entre las tres réplicas (R1, R2, R3) para cada tratamiento sugiere una alta reproducibilidad del experimento, observándose una respuesta positiva y dosis-dependiente al ácido giberélico, donde mayor concentración resulta en mayor porcentaje y velocidad de germinación. El ANOVA unifactorial y la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, según la tabla 2 y figura 2, reveló diferencias altamente significativas (p<0.05) para todas las variables evaluadas en respuesta a las diferentes concentraciones de ácido giberélico en *Armatocereus*. Para el porcentaje de germinación (p=0.000186<0.05) y la velocidad germinativa (p=6.23E-05<0.05), los tres tratamientos mostraron diferencias significativas entre sí, formando tres grupos homogéneos distintos (a, b, c), donde el tratamiento de 200 mg x kg⁻¹ (grupo a) presentó el mejor desempeño, seguido por 100 ppm (grupo b) y finalmente 0 ppm (grupo c). El índice de vitalidad Czabator (p= 0.000328), mostró dos grupos homogéneos: el tratamiento de 200 mg x kg⁻¹ (grupo a) se diferenció significativamente de los tratamientos de 0 y 100 mg x kg⁻¹, los cuales conformaron un mismo grupo homogéneo (grupo b), indicando que solo la concentración más alta (200 mg x kg⁻¹) logró mejorar significativamente la vitalidad de las semillas en comparación con las concentraciones menores.

Tabla 1.

Efecto del ácido giberélico en las características germinativas de Armatoocereus laetus (Kunth) Backeb. ‘‘pitahaya silvestre’’, Lluán, Calamarca, Julcán – La Libertad, según características germinativas.

Variable	Tratamiento (mg x kg ⁻¹)	Min	Max	Promedio*	DE	CV(%)
Porcentaje de germinación (%)	0	41,0	45,0	43,0 [38,0-48,0]	2,0	4,7
	100	53,0	59,0	56,0 [48,5-63,5]	3,0	5,4
	200	75,0	91,0	83,7 [63,6-100,0]	8,1	9,7
Velocidad germinativa	0	29,6	33,0	31,1 [26,8-35,4]	1,7	5,5
	1000	41,2	46,2	43,7 [37,5-49,9]	2,5	5,7
	200	63,9	76,3	71,4 [55,0-87,7]	6,6	9,2
Índice de Czabator (Vitalidad)	0	2,9	3,5	3,2 [2,5-3,9]	0,3	9,4
	100	5,7	7,0	6,3 [4,7-7,9]	0,7	10,3
	200	12,7	18,7	16,2 [8,4-23,9]	3,1	19,2

DE: Desviación estándar

CV(%): Coeficiente de variación porcentual

* Promedio e intervalo de confianza al 95,0 %

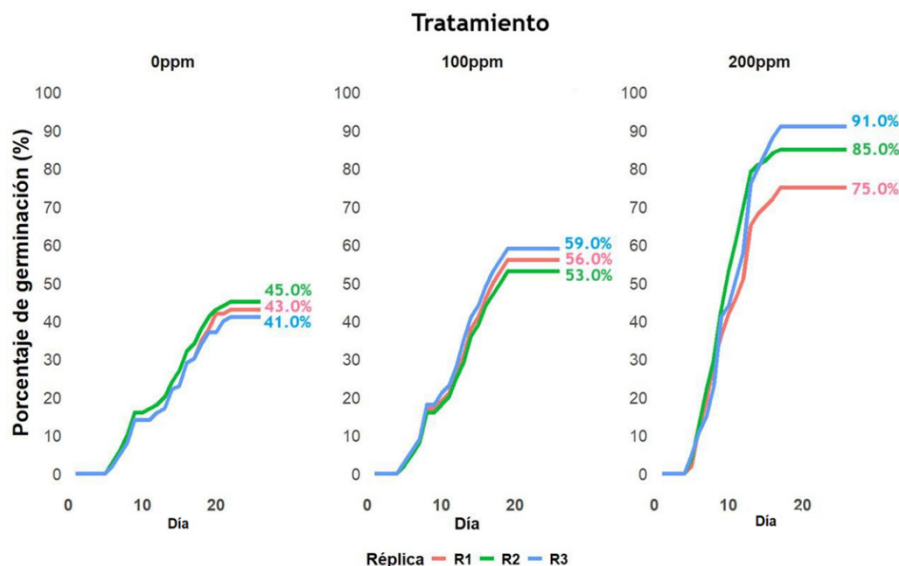


Figura 1: Curvas del porcentaje de germinación acumulada de *Armatoocereus laetus* (Kunth) Backeb. , empleando diferentes concentraciones de ácido giberélico (0, 100 y 200 mg x kg⁻¹ o ppm) durante 25 días.

Tabla 2.

Prueba de ANOVA y Tukey para el efecto del ácido giberélico en las características germinativas de *Armatocereus laetus* (Kunth) Backeb. “pitahaya silvestre”, Lluán, Calamarca, Julcán - La Libertad, según características germinativas

Variable	p-valor*	Tratamientos	Grupos homogéneos**
Porcentaje de germinación	0.000186	0 mg x kg ⁻¹	c
		100 mg x kg ⁻¹	b
		200 mg x kg ⁻¹	a
Velocidad germinativa	6.23E-05	0 mg x kg ⁻¹	c
		100 mg x kg ⁻¹	b
		200 mg x kg ⁻¹	a
Índice de Czabator vitalidad	0.000328	0 mg x kg ⁻¹	b
		100 mg x kg ⁻¹	b
		200 mg x kg ⁻¹	a

Nota: ppm = mg .kg-1

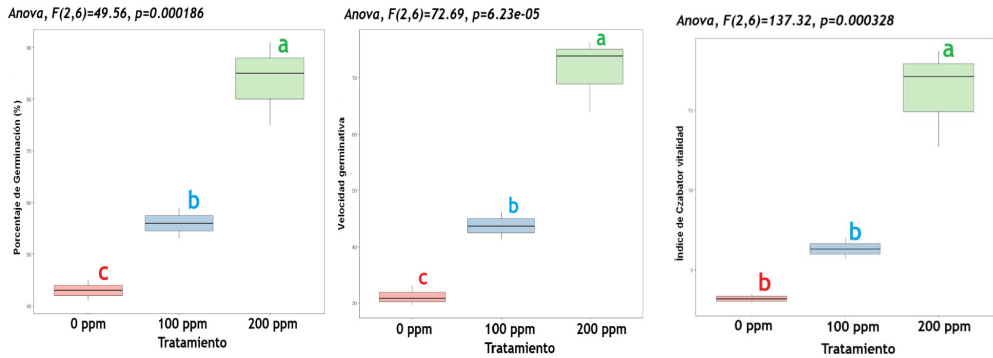


Figura 2: Diagramas de cajas y bigotes para el efecto del ácido giberélico en las características germinativas de *Armatocereus laetus* (Kunth) Backeb. “pitahaya silvestre”, Lluán, Calamarca, Julcán-La Libertad, según características germinativas.



Figura 3: Colecta de *Armatocereus laetus* (Kunth) Backeb. “pitahaya silvestre” en Lluán, Calamarca, Julcán-La Libertad.

Según la tabla 1, donde se resume los estadísticos descriptivos del estudio sobre el efecto del ácido giberélico en *Armatocereus laetus* (Kunth) Backeb., se evidencia que el porcentaje de germinación, velocidad germinativa y índice de Czabator demostraron valores mínimos y máximos que se incrementaron según la concentración del regulador. De todos estos factores, la humedad en la semilla es la responsable de activar los procesos metabólicos esenciales que promueven la expansión de las células. En este proceso, las enzimas como la amilasa y la proteasa descomponen las reservas almacenadas en el endospermo para nutrir al embrión en crecimiento. El desarrollo culmina con la aparición de la radícula, la estructura que marca el inicio de la germinación visible (Bewley *et al.*, 2013). Investigaciones realizadas por León (2020), en especies cercanas, como *Armatocereus mataranus*, indican que este género puede presentar fotoblastismo neutro, es decir, que la germinación de sus semillas no depende estrictamente de la presencia o ausencia de luz. Esta característica representa una ventaja adaptativa en hábitats donde el suelo suele estar cubierto por rocas o materia orgánica, lo que limita la penetración lumínica. Por otro lado, la temperatura óptima para la germinación de cactáceas columnares generalmente se encuentra en un rango de 25 a 30 °C, mientras que temperaturas por debajo de los 20 °C inhiben significativamente este proceso (Pérez *et al.*, 2011). Dado que *Armatocereus laetus* se desarrolla en regiones cálidas del Perú y Ecuador, es razonable suponer que sus requerimientos térmicos para germinación son similares. Adicionalmente, es común que las semillas de cactáceas presenten dormancia física o química, lo que hace necesario aplicar tratamientos pregermina-

tivos para romper dicha dormancia. Entre los métodos más utilizados se encuentran el lavado con agua tibia, la escarificación mecánica o química, o la aplicación de ácido giberélico (GA₃), que han demostrado aumentar considerablemente las tasas de germinación en otras especies de hábitats áridos (Rojas *et al.*, 2001). De todas estas técnicas la escarificación mecánica en combinación con aplicación de ácido giberélico resulta ser altamente favorable para la propagación ex situ de *A. laetus* (Figura 3). La escarificación consiste romper ligeramente la testa de una semilla empleando métodos mecánicos al usar una lija o navaja, métodos abrasivos cuando se usa ácidos capaces de disolver la testa o métodos térmicos cuando se usa altas temperaturas (80- 90 °C) durante unos segundos o minutos, luego dejarlas en remojo (Geovo *et al.*, 2021; Huamantupa *et al.* y 2022 y Pincay *et al.*, 2021).

El ácido giberélico es una fitohormona que pertenece al grupo de las gibberelinas, compuestos naturales que regulan el crecimiento y desarrollo de las plantas. Estas hormonas desempeñan un papel crucial en la germinación de semillas, la elongación celular, la floración y el desarrollo de frutos (Tang *et al.*, 2021). Su aplicación externa, en concentraciones específicas, puede estimular procesos fisiológicos que superen barreras impuestas por factores ambientales o estructurales en la semilla. De la Figura 1 y Tabla 2, se afirma que el ácido giberélico actúa principalmente al romper la dormancia de semillas y promover la movilización de reservas almacenadas en el endospermo. Esta fitohormona induce la síntesis de enzimas hidrolíticas como la amilasa, encargada de descomponer el almidón en azúcares simples que sirven como fuente de energía para el em-

brión en crecimiento (Bewley *et al.*, 2013). Además, el AG3 aumenta la capacidad de absorción de agua y facilita la expansión celular, promoviendo la emergencia de la radícula, conforme lo evidenciado en la tabla 2 y figura 2, donde se evidencia que el tratamiento a 200 mg x kg-1 de ácido giberélico es el mejor.

En el caso de variedades comerciales de pitahaya, el uso de ácido giberélico se ha estudiado como una estrategia para mejorar la germinación en semillas con dormancia fisiológica leve. Estudios indican que su aplicación en concentraciones entre 50 y 200 mg .kg-1 puede acelerar la germinación y aumentar el porcentaje de semillas germinadas (Ortiz y Carrillo, 2012). A su vez Sinchi (2024), sugiere el uso de una menor concentración (11 mg x kg-1) de ácido giberélico en combinación de luz roja (700 nm), permite obtener el 100 % de germinación y a su vez una mayor uniformidad en el desarrollo de la plántula.

Por otro lado, Saavedra (2025), sostiene que desinfectando las semillas de pitahaya (*Hylocereus* sp.), en una solución de etanol al 70 % por un minuto, seguida de una solución de hipoclorito de sodio al 2 % durante diez minutos, y tres enjuagues con agua destilada estéril, se puede obtener plántulas in vitro completamente libres de contaminación (0 %) y una germinación del 100 % (Bozkurt *et al.*, 2020).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abatal M., E., Lima, D. A. Giannakoudakis, J., Vargas, I., Anastopoulos, M. T. Olguin, y I. Alfonso. (2022). Pitahaya Fruit (*Hylocereus* spp.) Peels Evaluation for Removal of Pb (II), Cd (II), Co (II), and Ni (II) from the Waters. *Sustainability*, 14(3), 1685. <https://doi.org/10.3390/su14031685>
- Bewley, J. D., K. Bradford, H. Hilhorst, y H. Nonogaki, H. (2013). *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy* (3rd ed.). Springer.

CONCLUSIONES

La concentración de 200 mg x kg-1 de ácido giberélico mejora las características germinativas de *Armatochococcus laetus* (Kunth) Backeb. “pitahaya silvestre”, Lluán, Calamarca, Julcán-La Libertad. El mayor porcentaje de germinación promedio (83,7 %), se obtuvo empleando 200 ppm de ácido giberélico, por tanto, dicha concentración maximiza el proceso de germinación.

La velocidad de germinación promedio alcanzó el 71,4 %, empleando 200 mg x kg-1 de ácido giberélico, por tanto, dicha concentración acelera el proceso de germinación. La vitalidad promedio fue de 16,2 % (índice de Czabator), empleando 200 mg x kg-1 de ácido giberélico, demostrándose un efecto altamente estimulante.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la VI Convocatoria de Proyectos de Ciencia y Tecnología en la Universidad Nacional de Trujillo con Fondos Públicos provenientes del Canon, según se detalla en la Resolución Rectoral N° 0356-2023/UNT, Resolución de Consejo Universitario N° 001-2023/UNT y Resolución Vicerrectoral de Investigación N°137-2023-VIN-UNT.

- Bozkurt T., İnan, S., y İ. Dündar. (2020). Micropropagation of different pitaya varieties. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 13(1), 39-46. <https://orcid.org/0000-0003-2829-797X>
- Cevallos, M. K. (2012). Caracterización morfológica en el cultivo de pitahaya (*Hylocereus* spp) en el Ecuador. [Tesis pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio de la Universidad Técnica de Babahoyo. <https://dspace.utb.edu.ec/items/3d885d98-8302-4bb9-a7aa-4624a951d8e4>
- Courtis, A. C. (2013). Germinación de semillas. FaCENA. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/GuiaDeEstudioGerminacion.pdf>
- Esquivel, P., y M. Araya. (2012). Chemical and nutritional characteristics of *Hylocereus* species (Cactaceae) fruits. *Food Research International*, 46(1), 234-245.
- Fontanetti M., A. Arruda, E. da Silva, M. dos Santos, L. Honorato y M. Eustáquio. (2021). Cladode size and collection time for pitahaya propagation. *Ciencia e Agrotecnologia*, 45, e004821. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202145004821>
- Garbanzo, G., Vega, E., Rodríguez, J., Urbina, C., Lázaro, W., Alvarado K., Barrientos, R., Duarte, K. Mora J., Trujillo, V., y Rojas, J. (2021). Evaluación de tamaño de cladodios y bio-estimulantes de enraizamiento para la propagación de pitahaya. *Agro-nomía Costarricense*, 45(2), 29-40. <https://dx.doi.org/10.15517/rac.v45i2.47765>
- Geovo, V. R., Tovar, L.C., Mosquera, P. L., Arroyo J. H. C., y Ramos, P. A. (2021). Métodos de escarificación química y sus efectos en la germinación de semillas de *Ochroma pyramidale* Cav. Ex Lam. Urb. *RIAA*, 12(1), 165-177. <https://doi.org/10.22490/21456453.3727>
- González, G. (2020). Micropropagación in vitro de Pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw) a partir de tallos seleccionados de siembra comerciales, Limoncito - Santa Elena. [Tesis pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio de la Universidad Agraria del Ecuador <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GONZALEZ%20BURGAS%20GUSTAVO%20ANDRES.pdf>
- González, H. O. (2013). Germinación y longevidad de semillas de genotipos de pitahaya (*Stenocereus* spp) y titaya (*Stenocereus* spp). [Tesis posgrado, Colegio de Postgraduados Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas Campus Montecillo]. <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/2170>
- Hartmann, T., y D. Kester. (1990). Propagación de plantas. Principios y prácticas. México: CECSA.
- Huamantupa, I., Padrón, E., La Torre, M.D., Roncal, M., Choquecota, N., Collazos, L., y Marcelo, J.L. (2022). Los bosques estacionalmente secos del Perú: un reanálisis de sus patrones de diversidad y relaciones florísticas. *Revista Peruana de Biología*, 29(4), e21613. <https://doi.org/10.15381/rpb.v29i4.21613>

- León, J. (2020). En tres o cuatro años Perú exportaría pitahaya hasta por US\$ 15 millones. Agencia Agraria de Noticias. <https://agraria.pe/noticias/en-tres-o-cuatro-anos-pe-ru-exportaria-pitahaya-hasta-por-us22358#:~:text=As%C3%AD%20lo%20indic%C3%B3%20el%20gerente,millones%20y%20US%24%2015%20millones>.
- Litardo, C., Real, L., Cedeño, K., Rodríguez, A., Hidalgo, R., y Zambrano, R. (2020). Prevención de Riesgos Laborales en el cultivo de Pitahaya en Manabí, Ecuador. *Ingeniería Industrial*, 41(2), 1-14.
- MINAGRI. (2024). Dinámica productiva y comercial de la Pitahaya en el Perú durante el último quinquenio.
- Montesinos, C. J., Rodríguez, L., Ortiz, P. R., Fonseca, F. M., Ruíz, H. G., y Guevara, H. F. (2015). Revisión bibliográfica Pitahaya (*Hylocereus* spp.) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. *Cultivos Tropicales*, 36, 67-76. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v36s1/ctr07s115.pdf>
- Ostolaza, C. (2014). Todos los cactus del Perú. Lima. Perú. Editorial Franco EIRL. <https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/document.pdf>
- Pece, M. G., Gaillard de Benítez, C., Acosta, M., Bruno, C., Saavedra, S., y Buvenas, O. (2010). Germinación de *Tipuana tipu* (Benth .) O. Kuntze (tipa blanca) en condiciones de laboratorio. *Quebracho*, 18(1), 5-15. <http://fcf.unse.edu.ar/archivos/quebracho/v18a02.pdf>
- Pérez, R., Ortega, P., y Rojas, M. (2011). Germination of cacti species from South America: Effects of temperature and light. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 13, 50-62.
- Pincay, R. A., Luna-Murillo, K.A., Espinosa, H. O., y Espinales, S. (2021). Escarificación química y biológica en la emergencia y crecimiento de *Clitoria ternatea*. *Centro Agrícola*, 48(3), 53-59. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v48n3/0253-5785-cag-48-03-53.pdf>
- Ribeiro de Freitas F., Fontanela, A., Coriolano, M., Voltolini, J., Coelho, I., Camponogara, T., y Borini, A. (2021). Efeito de extrato de algas no enraizamento de estaca de pitaia. *Agropecuária Catarinense*, 34, 1-3. <https://doi.org/10.52945/rac.v34i2.813>
- Reyes, P. J. J., Murillo, A.B., Nieto, G.A., Troyo, D. E., Reynaldo, E. I. M., y Rueda, E. O. (2013). Emergencia y crecimiento de plántulas de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en condiciones salinas. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 45(2), 257–268. <https://www.scielo.org.mx/pdf/era/v2n5/v2n5a3.pdf>
- Rocha, L., Godoy, R. L., y Cunha, C. P. (2020). Estudo de alguns compostos bioativos das pitayas de polpas branca e vermelha (*Cereus Undatus*, Sinonímia: *Hylocereus Guatemalensis*, H.Undatus). *Brazilian Journal of Development*, 6(9), 66217-66223. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-160>
- Rodríguez, Q. I., Gilles A., y Durán, J. M. (2008). Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semillas. *Agricultura*. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_agri/agri_2008_912_836_842.pdf

- Rojas, M., Mandujano, M. C., y Golubov, J. (2001). Some ecological factors influencing germination of *Stenocereus queretaroensis* (Cactaceae) in central Mexico. *Journal of Arid Environments*, 49(2), 279-287.
- Saavedra, J. M. (2025). Establecimiento y germinación in vitro de semillas de pitahaya naranja de Churuja (*Hylocereus* sp.). *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 5(1), e710. <https://doi.org/10.51252/raa.v5i1.710>
- Sinchi, E. (2024). Efecto de longitudes de onda de luz y ácido giberélico en la germinación de semillas de *Hylocereus* sp. (PITAHAYA) CV Amarilla. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio de la Universidad Nacional Agraria de la Selva <https://repositorio.unas.edu.pe/items/de15d322-a73b-478b-991c-0fcb6e6ae6a40>
- Suárez, M. R. P., Gilces, Z. M. F., Menéndez, V.A.M., y Morales, K.F. (2021). El proceso de producción y distribución de la pitahaya en Manabí para su exportación directa. *Brazilian Journal of Business*, 3(4),3330-3344. <https://doi.org/10.34140/bjbv3n4-037>
- Ortiz Y. D., y Carrillo-Salazar, J.A. (2012). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): A short review. *Fruits*, 67(2), 107-113. <https://doi.org/10.14295/cs.v3i4.334>
- Tang, W., Li, W., Yang, Y., Lin, X., Wang, L., Li, C., y Yang, R.. (2021).Phenolic Compounds Profile and Antioxidant Capacity of Pitahaya Fruit Peel from Two Red-Skinned Species (*Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus*). *Foods*, 10(6), 1183. <https://doi.org/10.3390/foods10061183>
- Trivellini, A., Lucchesini, M., Ferrante, A., Massa, D., Orlando, M., Incrocci, L., y Mensuali, A. (2020). Pitaya, an attractive alternative crop for Mediterranean Region. *Agronomy*, 10(8), 1-19. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081065>
- Velíz, P. M. E., Miller, J. S., y Campos, M. G. (2009). Especie nueva del género *Bourreria* (*Ehretiaceae*, Boraginales) de Mesoamérica. *Brittonia*, 61(3), 237–240. <https://doi.org/10.1007/s12228-009-9080-1>
- Verona, A., Urcia, J., y Paucar, L. (2020). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Culture, physico-chemical characteristics, nutritional composition, and bioactive compounds. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 1-15.<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16>
- Wu, J. (2005). Manual del cultivo de la Pitaya. In Mision de taiwán. MAGA. Litografía Zimtek. <https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Pitaya/ManualdelcultivodelaPitaya.pdf>

Declaración de roles de autores:

- Pedro Orlando Medrano Rojas: Conceptualización; metodología y administración del proyecto.
- Armando Efraín Gil Rivero: Conceptualización; metodología y revisión y edición.
- Segundo Eloy López Medina: Supervisión, revisión y edición final.

- José Mostacero León: Supervisión y validación de datos.
- Anthony J. De La Cruz Castillo: Análisis de datos y borrador original.
- Carmen Lizbeth Yurac Gonzales-Velásquez: Estadística

El banano morado ecuatoriano (*Musa acuminata* Red Dacca) en la elaboración de snacks saludables, estudio de aceptabilidad

*Ecuadorian purple banana (*Musa acuminata* 'Red Dacca') in the production of healthy snacks: an acceptability study*

 Karen León

 Michael Pesantes

 Olanda Zea

 Bianca Salazar

 Miguel Moreno

karen.leona@ug.edu.ec 

Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador

Recibido: 17/08/2025

Revisado: 25/09/2025

Aceptado: 01/12/2025

Publicado: 06/01/2026

RESUMEN

La tendencia hacia una alimentación consciente ha impulsado la búsqueda de productos innovadores que combinen practicidad, sabor y densidad nutricional. Este estudio analiza la aceptación del mercado frente a snacks saludables elaborados a partir de banano morado ecuatoriano (*Musa acuminata* 'Red Dacca'), fruta autóctona caracterizada por su elevado perfil de antioxidantes y atractivo sensorial. Se aplicó una metodología mixta con diseño exploratorio-descriptivo, que incluyó encuestas a una muestra de consumidores en la ciudad de Cuenca y entrevistas semiestructuradas a expertos en gastronomía y marketing. Los resultados cuantitativos muestran una predisposición favorable, con un 68% de aceptación positiva y una marcada alineación de la muestra (57 %) con el perfil de consumo LOHAS (*Lifestyles of Health and Sustainability*). Los atributos sensoriales más valorados fueron la textura crujiente (4,6/5,0) y el color natural (4,5/5,0), validando la eficacia del procesamiento mediante tecnología de aire caliente a 180 °C. Por su parte, la validación cualitativa destacó el alto valor de diferenciación del producto como “superalimento local”. En conclusión, el snack de banano morado representa una alternativa comercialmente viable que responde a las demandas de “etiqueta limpia” y sostenibilidad, con potencial para diversificar la oferta agroindustrial y fortalecer la economía regional ecuatoriana.

Palabras clave: Alimentos funcionales, LOHAS, aceptación del consumidor, banano morado, desarrollo regional.

ABSTRACT

The trend toward conscious eating has driven the search for innovative products that combine practicality, flavor, and nutritional density. This study analyzes market acceptance of healthy snacks made from Ecuadorian purple banana (*Musa acuminata* ‘Red Dacca’), a native fruit characterized by its high antioxidant profile and sensory appeal. A mixed-methodology approach with an exploratory-descriptive design was applied, including surveys conducted with a sample of consumers in the city of Cuenca and semi-structured interviews with experts in gastronomy and marketing. Quantitative results show a favorable predisposition, with a 68% positive acceptance rate and a strong alignment of the sample (57 %) with the LOHAS (*Lifestyles of Health and Sustainability*) consumer profile. The most valued sensory attributes were crunchy texture (4.6/5.0) and natural color (4.5/5.0), validating the effectiveness of processing via air-frying technology at 180 °C. Furthermore, qualitative validation highlighted the product’s high differentiation value as a “local superfood.” In conclusion, the purple banana snack represents a commercially viable alternative that meets “clean label” and sustainability demands, with the potential to diversify agro-industrial offerings and strengthen the Ecuadorian regional economy.

Keywords: Functional foods, LOHAS, consumer acceptance, purple banana, regional development.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la industria de los snacks ha cambiado de manera notable, impulsada por consumidores cada vez más preocupados por la salud y el bienestar. El mercado global de snacks saludables alcanzó un valor de USD 101,3 mil millones en 2024 y proyecta un crecimiento anual superior al 6 % en la próxima década, reflejando una clara migración hacia opciones nutritivas y de bajo procesamiento (Global Market Insights, 2025).

A la par, el perfil del consumidor se ha transformado hacia lo que la literatura denomina LOHAS (*Lifestyles of Health and Sustainability*), un grupo que prioriza la integridad nutricional y la responsabilidad ambiental por encima del precio o la publicidad (Choi y Feinberg, 2021). Así, la conciencia alimentaria no solo implica reducir calorías, sino también elegir productos con mayor densidad nutricional y menor impacto ecológico, favoreciendo re-

cursos locales frente a alternativas ultraprocesadas (Vukasović y Stanton, 2026).

En este contexto, el banano morado ecuatoriano (*Musa acuminata* ‘Red Dacca’) surge como un recurso con alto potencial de diferenciación. Su riqueza en compuestos fenólicos, especialmente antocianinas y flavonoides, lo convierte en un aliado contra el estrés oxidativo y enfermedades degenerativas (Sidhu y Zafar, 2018). Por ello, la aceptación del consumidor hacia este tipo de productos se fundamenta en la búsqueda de alternativas saludables que mantengan conveniencia y atractivo sensorial (Folwarczny *et al.*, 2021).

Este estudio propone un snack funcional elaborado con banano morado, procesado mediante técnicas como deshidratación y aire caliente, acompañado de ingredientes naturales como harina de almendras y chía. La intención es preservar sus propiedades bioactivas y ofrecer un ali-

mento práctico que fortalezca la identidad gastronómica local y abra oportunidades de competitividad en mercados que valoran la biodiversidad ecuatoriana (Martínez-Carrasco *et al.*, 2020). Con ello, se analiza la aceptación del mercado en Cuenca y se demuestra cómo la ciencia de los alimentos y la revalorización de especies autóctonas pueden generar impacto positivo en la economía regional y en hábitos de consumo responsables.

MATERIALES Y MÉTODOS

En primer término, el estudio se diseñó bajo un enfoque mixto de carácter exploratorio y descriptivo, lo que permitió integrar percepciones cualitativas con análisis estadísticos para evaluar la aceptación de un snack funcional elaborado con banano morado (*Musa acuminata* 'Red Dacca'). A diferencia de los productos sometidos a fritura profunda, este snack se procesó mediante tecnología de aire caliente, reduciendo el aporte lipídico y preservando compuestos bioactivos (Eskandari *et al.*, 2022).

Por otra parte, la población objetivo estuvo conformada por consumidores residentes en Cuenca, Azuay. La muestra incluyó a 500 participantes seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, técnica ampliamente utilizada en estudios de mercado orientados a salud y sostenibilidad (Etikan y Bala, 2017 y Saunders *et al.*, 2019).

Asimismo, el desarrollo del producto se realizó bajo estrictos estándares de inocuidad alimentaria. Se empleó banano morado en estado óptimo de madurez, combinado con harina de almendras y semillas de chía (*Salvia hispanica*), reconocidas por su aporte de fibra y ácidos grasos omega-3 (Kang *et al.*, 2022). La mezcla fue

laminada a 2 mm y cocida en freidora de aire a 180 °C durante 10 minutos, logrando una textura crujiente sin formación de compuestos nocivos como la acrilamida.

Además, los instrumentos de recolección fueron validados por expertos, alcanzando un Coeficiente de Validez de Contenido superior a 0.80. Se aplicaron dos herramientas principales: un cuestionario estructurado basado en escala Likert de cinco puntos (Vagias, 2021), que incluyó dimensiones de consumo consciente y aceptación global (Choi y Feinberg, 2021), y una guía sensorial para evaluar sabor, aroma y textura tras la degustación.

Finalmente, el análisis de datos se realizó mediante estadística descriptiva, contrastando la intención de compra con factores de decisión como ingredientes naturales y origen local. Este procedimiento permitió discutir la respuesta del mercado frente a la innovación propuesta (Folwarczyn *et al.*, 2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar las preferencias de compra, se observó que el 64 % priorizó ingredientes naturales, confirmando la relevancia de la "etiqueta limpia" como factor decisivo (Vukasović y Stanton, 2026). El 55 % valoró el origen local, reforzando la importancia de la identidad territorial (Aschemann-Witzel *et al.*, 2018). Además, el 48 % destacó las propiedades funcionales, especialmente antioxidantes, en línea con la literatura sobre el potencial bioactivo del banano morado (Sidhu y Zafar, 2018 y Kumari *et al.*, 2023). Además, el empaque biodegradable obtuvo un 42 %, reflejando conciencia ambiental, aunque con menor peso frente a los atributos de salud (Kang *et al.*, 2022).

Tabla 1.
Perfil sociodemográfico de los participantes

Variable	Categoría	Frecuencia	%
Género	Femenino	275	55
	Masculino	225	45
Rango de Edad	18 - 25 años	160	32
	26 - 40 años	210	42
	41 - 60 años	105	21
	Más de 60 años	25	5
Nivel Educativo	Superior - Universitario	340	68
	Postgrado	85	17
	Secundaria - Otros	75	15

Tabla 2.
Factores determinantes en la elección de snacks saludables.

Atributo valorado	Frecuencia	%
Ingredientes naturales (Etiqueta limpia)	320	64
Original	275	55
Propiedades funcionales (antioxidantes)	240	48
Empaque biodegradable	210	42

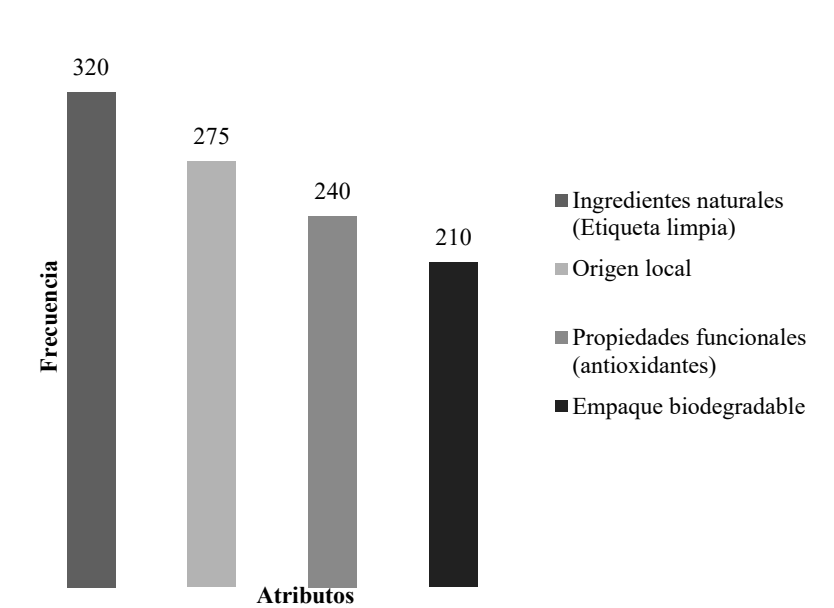


Figura 1: Factores determinantes en la elección de snacks saludables

En relación con las preferencias de compra el origen local del producto fue valorado por el 55 % de los encuestados, lo que evidencia la importancia de la identidad territorial y la percepción de frescura asociada a lo autóctono (Aschemann-Witzel *et al.*, 2018). A su vez, el 48 % destacó las propiedades funcionales, especialmente el contenido de antioxidantes, reflejando un conocimiento creciente sobre los beneficios nutricionales del banano morado (Sidhu y Zafar, 2018 y Kumari *et al.*, 2023).

Por otro lado, el empaque biodegradable alcanzó un 42 %, porcentaje menor en comparación con los atributos de salud, aunque suficiente para mostrar una conciencia ambiental latente. Este hallazgo coincide con lo señalado por Kang *et al.* (2022), quienes sostienen que, si bien la sostenibilidad es valorada, la salud personal continúa siendo el principal motor de compra en este tipo de productos.

Por lo que, estos resultados confirman que el perfil del consumidor se alinea con el enfoque LOHAS, donde las decisiones de compra se orientan tanto por beneficios funcionales como por identidad territorial. Tal como señalan Choi y Feinberg (2021), este estilo de vida no solo busca el

bienestar individual, sino que también impulsa la demanda de alimentos vinculados a la salud preventiva. La consistencia de estos hallazgos con investigaciones previas (Martínez-Carrasco *et al.*, 2020 y Eskandari *et al.*, 2022) refuerza la pertinencia de emplear metodologías mixtas para comprender la complejidad de las decisiones alimentarias actuales.

Asimismo, la evaluación sensorial permitió determinar la percepción de los atributos físicos logrados con la formulación de harina de almendras, semillas de chía y la técnica de cocción a 180 °C, aportando evidencia adicional sobre la aceptación del producto en términos de calidad técnica y experiencia sensorial.

En cuanto a la evaluación sensorial, los resultados evidencian una aceptación sobresaliente del snack funcional. Por lo que, los atributos mejor valorados fueron la textura crujiente (4,6/5,0) y el color natural derivado de la pigmentación propia del fruto (4,5/5,0). De este modo, en el contexto de los alimentos procesados mediante tecnologías de aire caliente, la textura crujiente se reconoce como un factor decisivo para la palatabilidad y la intención de recompra. En este caso, la técnica de cocción a 180 °C

Tabla 3.
Calificación de atributos sensoriales

Atributo	Promedio de calificación	Percepción
Textura crujiente	4.6	Sobresaliente
Sabor	4.2	Muy bueno
Aroma	3.9	Bueno
Color (pigmentación natural)	4.5	Sobresaliente

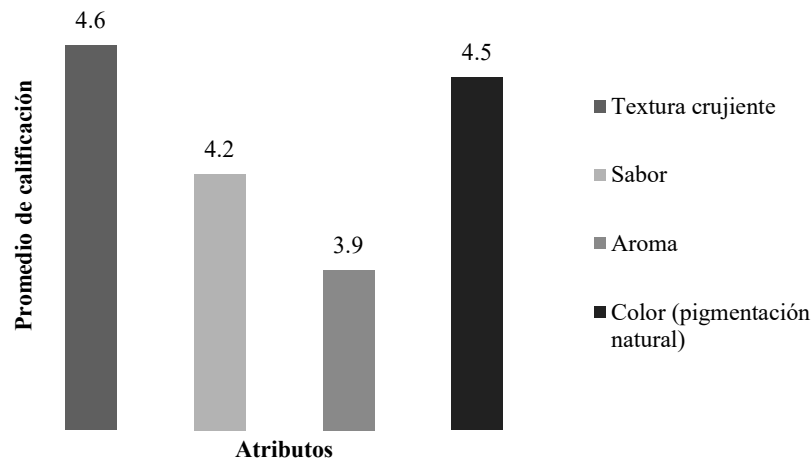


Figura 2: Calificación de atributos sensoriales

durante 10 minutos demostró ser eficaz, al lograr la crocantez deseada sin los efectos negativos asociados a la fritura profunda.

Por otra parte, el sabor alcanzó una calificación de 4,2, considerada “muy buena”. Este resultado, confirma que la incorporación de harinas alternativas como almendra y semillas de chía no afectó de

manera negativa la percepción organoléptica del banano morado (*Musa acuminata* ‘Red Dacca’). Tal como señalan Kang *et al.* (2022), el sabor constituye el pilar de la aceptación en snacks funcionales, y una puntuación superior a 4,0 indica que el beneficio saludable se equilibra adecuadamente con el placer sensorial.

Tabla 4.
Clasificación de la muestra según el índice LOHAS

Nivel de afinidad	Puntaje (escala 1–5)	Frecuencia	%
Consumidor LOHAS (alto)	4,2 – 5,0	285	57
Consumidor consciente (medio)	3,4 – 4,1	145	29
Consumidor tradicional (bajo)	< 3,4	70	14

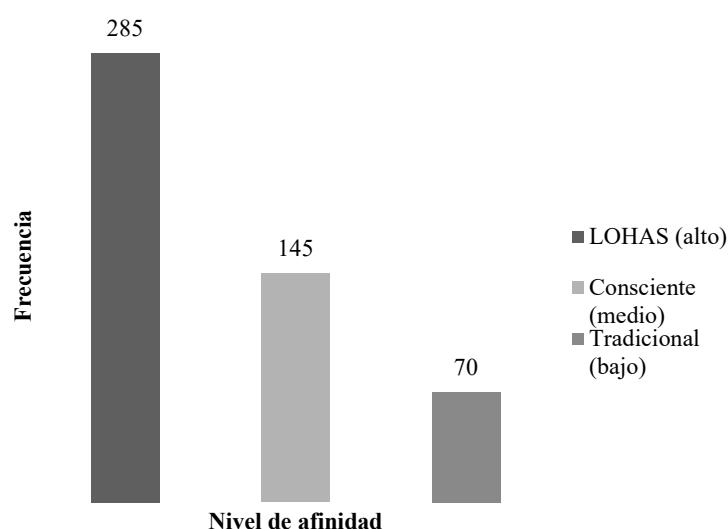


Figura 3: Clasificación de la muestra según índice LOHAS

En relación con la segmentación de la muestra, el 29 % de los participantes se clasificó como consumidor consciente de nivel medio, mostrando una valoración moderada hacia atributos como sostenibilidad, origen local y densidad nutricional. En este sentido, este grupo constituye un mercado potencialmente influenciado mediante estrategias de comunicación que fortalezcan la percepción de beneficios asociados al producto.

Por contraste, el 14 % se identificó como consumidor tradicional, caracterizado por una menor sensibilidad hacia aspectos vinculados con la salud y la sostenibilidad, lo que podría representar una barrera para la adopción de propuestas innovadoras.

En conjunto, estos hallazgos respaldan los resultados obtenidos en los factores de decisión de compra, donde atributos como los ingredientes naturales (64 %) y el origen local (55 %) fueron altamente valorados. La predominancia del segmento

LOHAS confirma que existe un mercado favorable para productos que integren propuestas de valor basadas en salud, sostenibilidad y autenticidad.

Finalmente, el snack de banano morado se ajusta directamente a las expectativas de este perfil, al ofrecer una alternativa con características de “etiqueta limpia”, valor nutricional y potencial sostenible en su producción, consolidándose como una opción coherente con las tendencias actuales de consumo consciente.

De igual manera, la aceptación global alcanzó un 68 % de respuestas positivas, con un 43 % de participantes “muy interesados” y un 25 % “interesados”. Este resultado, valida la propuesta de valor y refleja un alto potencial de comercialización. El 18 % mostró indiferencia, lo que sugiere un segmento susceptible de ser influenciado mediante estrategias de comunicación y degustación. En contraste, el 14 % manifestó desinterés, posiblemente vinculado a hábitos tradicionales o desconocimiento

Tabla 5.
Nivel de aceptación e intención de compra del snack

Escala de Likert	Frecuencia	%
Muy interesado (aceptación alta)	215	43%
Interesado (aceptación media)	125	25%
Indiferente	90	18%
No interesado	70	14%

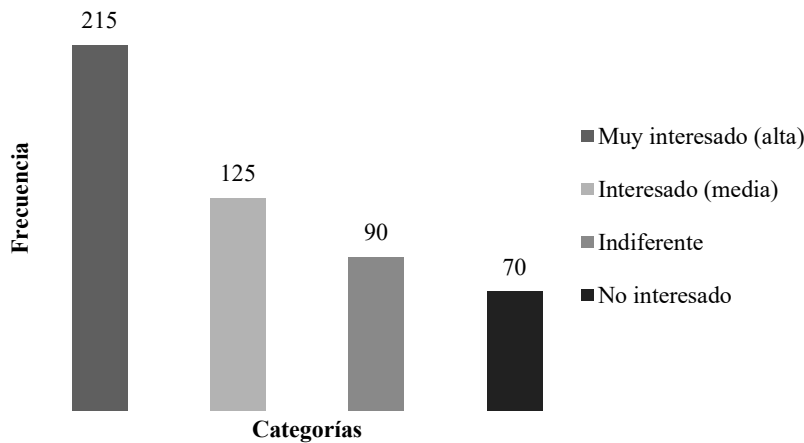


Figura 4: Nivel de aceptación e intención de compra del snack

del valor nutricional del producto. En conjunto, la distribución de respuestas confirma que el snack de banano morado no solo es aceptado por el consumidor, sino que también presenta condiciones favorables para su posicionamiento en el mercado de alimentos saludables, consolidándose como una alternativa competitiva y coherente con las tendencias actuales de consumo consciente.

Además, en las entrevistas realizadas a especialistas en ciencia de alimentos, gastronomía y marketing digital aportaron una visión complementaria que refuerza la viabilidad del snack de banano morado. Los expertos en marketing resaltaron su alto valor de diferenciación visual gracias

a la pigmentación natural, atributo que facilita el posicionamiento en un segmento premium y lo distingue de los productos convencionales. También, coincidieron en que la narrativa de “superalimento local” constituye una ventaja competitiva clave para atraer al consumidor LOHAS identificado en la fase cuantitativa.

Es importante señalar que, desde la perspectiva gastronómica, se validó por parte de los evaluados que la incorporación de harina de almendras y semillas de chía no solo mejora el perfil nutricional aportando fibra y ácidos grasos omega-3, sino que también actúa como agente estructural que favorece la textura crujiente obtenida en la freidora de aire. Los especialistas destaca-

ron que el uso de tecnología de aire caliente a 180 °C es una decisión técnica acertada, ya que permite alcanzar una textura sobresaliente (4,6) sin exceso de grasa ni alteraciones en el sabor característico del banano morado.

En cuanto a los desafíos, se señaló que el aroma, con una valoración de 3.9, representa un área de mejora. Además, los expertos recomendaron innovar en el diseño de empaques con barrera de oxígeno para preservar los compuestos volátiles del fruto y potenciar la experiencia sensorial global del consumidor.

La integración de estas opiniones cualitativas con los resultados cuantitativos confirma la coherencia de los hallazgos: la aceptación positiva del 68 % se sustenta en la diferenciación visual del fruto, la textura crujiente validada por los gastrónomos y la valoración del origen local (55 %), en línea con la estrategia de identidad territorial sugerida por los especialistas.

CONCLUSIONES

La creación de un snack a base de banano morado ecuatoriano (*Musa acuminata* 'Red Dacca') constituye una propuesta técnicamente sólida y, al mismo tiempo, coherente con las tendencias actuales de consumo responsable. La evidencia obtenida demuestra que la viabilidad del producto no se limita a su formulación, sino que se sustenta en la integración equilibrada de atributos sensoriales y funcionales. Además, la aplicación de tecnología de aire caliente a 180 °C resultó determinante para alcanzar una textura crujiente y una apa-

riencia visual atractiva, sin comprometer la integridad nutricional del fruto. Este logro técnico, validado tanto por especialistas como por consumidores, posiciona al snack como una alternativa competitiva frente a los productos ultraprocesados que predominan en el mercado.

El 68 % de respuestas positivas, reflejan una clara sintonía con el estilo de vida LOHAS, caracterizado por la búsqueda de salud, sostenibilidad y transparencia en los procesos productivos. La preferencia por ingredientes naturales y el reconocimiento del origen local confirman que los consumidores valoran no solo el beneficio individual, sino también el impacto ambiental y social de sus decisiones de compra. En este sentido, el producto trasciende la categoría de snack funcional para convertirse en un vehículo de revalorización de la biodiversidad agrícola ecuatoriana, al integrar insumos autóctonos con procesos innovadores que preservan su identidad cultural.

La propuesta adquiere un carácter estratégico al vincular la innovación alimentaria con el desarrollo regional. El snack de banano morado no solo responde a las exigencias de un consumidor informado y consciente, sino que también abre oportunidades para dinamizar la economía local mediante la generación de valor agregado en la cadena agroalimentaria. De este modo, se ofrece al mercado una alternativa que conjuga el placer de un alimento práctico con el compromiso ético de una nutrición responsable, consolidando un modelo de producción que armoniza bienestar, sostenibilidad y competitividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aschemann, J., Giménez, A., y Ares, G. (2018). Consumer in store choice of suboptimal food to avoid food waste: The role of food category, communication and perception of quality dimensions. *Food Quality and Preference*, 68, 29–39. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.01.020>

- Choi, S., y Feinberg, R. A. (2021). The LOHAS (lifestyle of health and sustainability) scale development and validation. *Sustainability*, 13(4), 1598. <https://doi.org/10.3390/su13041598>
- Eskandari, F., Lake, A. A., Rose, K., Butler, M., y O'Malley, C. (2022). A mixed-method systematic review and meta-analysis of the influences of food environments and food insecurity on obesity in high-income countries. *Food Science & Nutrition*, 10(11), 3689–3723. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2969>
- Etikan, I., y Bala, K. (2017). Sampling and sampling methods. *Biometrics & Biostatistics International Journal*, 5(6), 215-217. <https://doi.org/10.15406/bbij.2017,05,00149>
- Folwarczny, M., Christensen, J. D., Li, N. P., Sigurdsson, V., y Otterbring, T. (2021). Crisis communication, anticipated food scarcity, and food preferences: Preregistered evidence of the insurance hypothesis. *Food Quality and Preference*, 91, 104213. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104213>
- Global Market Insights. (2025). Healthy snacks market size, share & industry analysis report. Global Market Insights Inc. <https://www.gminsights.com/industry-analysis/healthy-snacks-market>
- Kang, J., Sun, Y., Xiaoning, Y., Li, C., Yuhong, C., Xiaoxue, X., y Bei-Zhong, H. (2022). Unraveling the microbial compositions, metabolic functions, and antibacterial properties of Huangshui, a byproduct of Baijiu fermentation. *Food Research International*, 157, 111320. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111320>
- Kumari, P., Gaur, S. S., y Tiwari, R. K. (2023). Banana and its by-products: A comprehensive review on its nutritional composition and pharmacological benefits. *eFood*, 4(5), e110. <https://doi.org/10.1002/efd2.110>
- Martínez-Carrasco, L., Brugarolas, M., y Gascón, A. (2020). A consumer behaviour approach to analyse the sustainability of food purchasing. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 20(2), 73–93. <https://doi.org/10.7201/earn.2020,02,04>
- Saunders, M., Lewis, P., y Thornhill, A. (2019). Research Methods for Business Students (8th ed.). Pearson Education.
- Sidhu, J. S., y Zafar, T. A. (2018). Bioactive compounds in banana fruits and their health benefits. *Food Quality and Safety*, 2(4), 183-188. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyy019>
- Vagias, W. M. (2021). Likert-type scale response anchors. Clemson University.
- Vukasović, T., y Stanton, J. L. (2026). Consumer behavior and the role of ECO labels: Insights into local and sustainable food purchasing habits. *International Journal of Management, Knowledge and Learning*, 15(1), 160–172. <https://doi.org/10.53615/2232-5697.15.160-172>

Declaración de roles de autores:

- Karen León – Anchundia: Administración del proyecto, conceptualización, investigación, supervisión.

- Michael Pesantes - Ángel: Conceptualización, redacción, investigación, curación de datos
- Olanda Zea - Álvarez: Metodología, validación, curación de datos.
- Bianca Salazar - Rodríguez: Software, Análisis formal, validación.
- Miguel Moreno: Software, Análisis formal, validación.

Instrucciones a los autores de publicaciones en la Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu

La Revista de investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu, es una publicación científica arbitrada, editada por el Centro de Investigación de la Universidad. La revista se edita con una periodicidad semestral y está orientada a la publicación de artículos científicos originales y revisiones bibliográficas en las áreas de las ciencias agrícolas. La revista publica trabajos realizados por investigadores nacionales y extranjeros, en idioma español o inglés.

La presentación de un manuscrito para su publicación en la Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu debe respetar la originalidad del trabajo científico respectivo, no debiendo estar en proceso de revisión para su publicación en otra revista o haber sido publicado anteriormente. Asimismo, la inclusión de figuras, tablas o pasajes de texto que ya han sido publicados deberán estar acompañadas de la autorización del propietario del derecho de autor. En cualquier caso, el material recibido sin tal evidencia se supondrá que es propiedad del o los autores.

El autor principal debe dirigirse al editor de la revista para iniciar el proceso de revisión del manuscrito. Para ello deberá adjuntar al manuscrito los siguientes documentos: “Carta del autor y declaración de originalidad” y “Carta de autorización para la publicación y distribución” debidamente completadas y firmadas por cada uno de los autores. En estos documentos se debe respetar el orden de autoría que aparece en el manuscrito (en caso de no coincidir la información, el manuscrito será devuelto al autor principal).

El editor y la revista no serán considerados legalmente responsables de los contenidos de cada artículo publicado en caso de cualquier reclamación.

Los manuscritos solo serán aceptados a revisión si cumplen las normas formales de la revista. Todos los textos, tablas y figuras deben presentarse en formato Word, las tablas y figuras deben estar numeradas e insertadas en el lugar correcto del texto, pudiendo solicitarse adicionalmente a los autores los datos originales de éstas. Tanto tablas como figuras, no deben exceder el número de cinco de cada una.

El trabajo debe ser escrito en formato Word tamaño A-4, a espacio y medio de interlineado, en caracteres de 12 puntos, con fuente de estilo calibri y en una columna. Los artículos serán enviados al editor de la revista al correo electrónico: revista.cientifica@ulcb.edu.pe, acompañados de la “Carta de autorización para la publicación y distribución” y la “Carta del autor y declaración de originalidad”.

Los manuscritos pueden ser presentados en idioma español o inglés, con una extensión máxima de 15 páginas.

La estructura del manuscrito debe ser:

I.- Identificación del manuscrito

1.- El título, debe ser conciso e informativo con un máximo de 15 palabras, en idioma español y su traducción al idioma inglés o viceversa. Cada organismo vivo nombrado debe llevar inmediatamente detrás el nombre científico entre paréntesis y en letra cursiva respetando las normas de taxonomía. Debe ser atractivo, preciso, y comunicar el contenido del texto. No deben aparecer nombres comerciales ni abreviaturas. El título sin punto final.

2.- Identificación de autores: Los nombres de los autores deben aparecer según la plataforma IraLIS (International Registry of Authors-Links to Identify Scientists) que sugiere:

Nombre + Inicial del segundo nombre (opcional) + primer Apellido.

En caso de querer usar el segundo apellido, deben aparecer ambos apellidos unidos por guión.

No usar la abreviatura M.^a (se debe escribir M. o María).

Las partículas De, Del, De la y De los deben ir junto al apellido, no junto al nombre.

Es imprescindible proporcionar el número ORCID de cada autor. En caso de tener que registrarse, use el sitio <https://orcid.org/>

3.- Afiliación de cada autor: Debe aparecer la institución. Ciudad, País (ej. Universidad Le Cordon Bleu. Lima, Perú). En caso de que los autores tengan diferente afiliación, se identificará exponencialmente en cada uno de ellos con un número que se corresponderá con cada institución y debajo de los nombres se listarán las instituciones.

ej. Vannia Gonzales-Krapp¹, Valeria Vento-Sime², Karen V. Quiroz-Cornejo³ y Víctor J. Samillan^{3,4}

1.- Academia de Artes Marciales Parabellum. Lima, Perú

2.- Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú

3.- Universidad Le Cordon Bleu. Lima, Perú

4.- Escuela de Postgrado, Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú

4.- Correo electrónico del autor para correspondencia.

II.- Resumen del artículo

El resumen/abstract del artículo debe tener entre 200 y 250 palabras, no debe contener abreviaturas indefinidas o citas no referenciadas. Debe ser presentado en idioma español y en idioma inglés (o viceversa según el idioma del texto). Debe permitir identificar de manera rápida y concisa el contenido del artículo, incluyendo la información más destacada del contexto en que se desarrolla el trabajo, el objetivo, la metodología, los principales resultados y conclusiones. Se redacta en tiempo pasado, y se estructura en un solo párrafo.

Las palabras clave/keywords, deben ser de 4 a 6 palabras y se recomienda que no estén en el título para que cumplan su función en las búsquedas. La primera palabra se inicia con letra mayúscula y a continuación irán separadas por (,) y llevarán (.) final. Deben ser presentados en idioma español e inglés.

III.- Introducción

Debe exponer cuál es el problema en estudio y por qué se estudió. La investigación debe introducirse describiendo el problema y su justificación, destacando los antecedentes abordados en la literatura científica más reciente. Los antecedentes abordados deben incluir las contribuciones de los autores para cubrir la brecha existente que el artículo pretende cubrir. Debe incluir la importancia y los objetivos del manuscrito

IV.- Materiales y Métodos

Debe iniciar describiendo los materiales a utilizar y su origen, así como el sitio donde se desarrolló el trabajo. Se deben describir expresamente los procedimientos metodológicos, equipos y cualquier modificación o ajuste realizado. Debe tener en cuenta el tamaño de la muestra, instrumentos de recolección de datos y técnicas de procesamiento y análisis estadístico. En caso de estar involucrados seres humanos, animales de experimentación, o plantas extraídas de la naturaleza (no cultivadas) es necesario tener en cuenta y mencionar que se cumplieron los estándares éticos requeridos internacionalmente en el caso que ocupe. Los estudios en humanos, deben contar con la aprobación del Comité de Ética institucional que aprobó el protocolo, adjuntando copia de la constancia emitida y el consentimiento informado empleado en el estudio a publicar. Es importante detallar al nivel que se garantice la reproducibilidad del trabajo.

V.- Resultados y Discusión

Debe mantener el orden cronológico expuesto en el capítulo **Materiales y Métodos**. Cada resultado debe iniciarse con una pequeña introducción que permita exponer las tablas y figuras con la información de interés, teniendo en cuenta los objetivos. Si es necesario dividir **Resultados y Discusión** en sub-acápites para su mejor entendimiento, se procederá como tal, evitando en cualquier caso repetir información que aparezca previamente en el texto.

Todos los resultados deben ser discutidos exponiendo qué significan y su valoración, debiendo explicarse por las bases teóricas que brindan otros autores y a

través de comparaciones con los resultados de otras investigaciones actuales del tema o temas relacionados. Tener en cuenta en qué supera resultados previos o qué limitaciones aparecen. Cada uno de los argumentos descritos deben estar respaldados por las citas de literatura científica actualizada.

VI.- Conclusiones

Se deben sintetizar los principales resultados del estudio, destacando su relevancia científica y sus implicaciones prácticas en el ámbito del trabajo realizado. Esta sección debe responder claramente a los objetivos del trabajo. Deben ser concisas y tener presente que no debe repetirse ninguna información que ya aparezca, evitando cualquier tipo de explicación.

VII Declaración de roles de autores:

Con el objetivo de promover la transparencia y el reconocimiento a las contribuciones individuales en los trabajos publicados, la revista adopta la Taxonomía CRediT como estándar para la declaración de autoría. Este enfoque describe la participación de cada autor en el trabajo como: la conceptualización, la curación de datos, el análisis formal, la obtención de financiación, la investigación, la metodología, la administración del proyecto, los recursos, el software, la supervisión, la validación, la visualización y la redacción del borrador original y de la revisión y edición del texto final.

VIII Financiamiento de la investigación/ Agradecimientos:

Los autores deben declarar cualquier fuente de financiación involucrada en la realización de la investigación o en la preparación del artículo. Expresando que: Este trabajo fue apoyado por [Institución] [números de subvención xxxx-1234].

Si no se ha proporcionado financiación para la investigación, se recomienda incluir la siguiente frase: Esta investigación no recibió subvención externa, de manera que ha sido fruto del autofinanciamiento de los autores.

Pudiendo agradecer en este acápite cualquier colaboración o apoyo personal o institucional adicional.

IX.- Declaración de uso de IA generativa en el proceso de escritura

Los autores deben declarar el empleo de IA generativa durante el proceso de redacción científica. Expresando que:

Durante la preparación del manuscrito, el/los autor(es) utilizaron [NOMBRE DE LA HERRAMIENTA/ SERVICIO] para [MOTIVO]. Luego el trabajo fue revisado y editado, asumiendo plena responsabilidad por el contenido del artículo publicado.

Si no tiene nada que declarar, no aparecerá el acápite.

X.- Referencias bibliográficas

Se elaborarán según la última edición de las normas APA. Debiendo comprobarse cuidadosamente que estén correctas y que cada cita del texto, tenga su referencia bibliográfica.

Deben tener al menos 15 referencias bibliográficas citadas y no deben exceder las 30 referencias bibliográficas en cada manuscrito.

Artículo con DOI:

Terry, V., y Casusol, K. (2018). Formulación de una salsa picante a base de pulpa de cocona (*Solanum sessiliflorum*), ají amarillo (*Capsicum baccatum*) y ají Charapita (*Capsicum chinense*). *Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu*, 5(1), 5-17. <https://doi.org/10.1017/s001190000386>

Artículo sin DOI on line:

Terry, V., y Casusol, K. (2018). Formulación de una salsa picante a base de pulpa de cocona (*Solanum sessiliflorum*), ají amarillo (*Capsicum baccatum*) y ají Charapita (*Capsicum chinense*). *Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu*, 5(1), 5-17. <http://revistas.ulcb.edu.pe/index.php/REVISTAULCB/article/view/104>

Artículo sin DOI impreso:

Terry, V., y Casusol, K. (2018). Formulación de una salsa picante a base de pulpa de cocona (*Solanum sessiliflorum*), ají amarillo (*Capsicum baccatum*) y ají Charapita (*Capsicum chinense*). *Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu*, 5(1), 5-17.

INDICACIONES SOBRE EL CONTENIDO DE LOS ARTÍCULOS

Formato del texto

Los manuscritos deben enviarse en Word y escrito en una sola columna.

Use 1,5 de espacio interlineado.

Use una fuente normal y simple (por ejemplo, calibre 12 puntos) para texto.

Use letra cursiva para palabras en un idioma distinto al del texto del manuscrito.

Use la función de numeración automática para numerar las páginas.

No use funciones de campo.

Use tabulaciones u otros comandos para sangrías, no la barra espaciadora.

Para crear tablas use la función de tabla, no las hojas de cálculo de EXCEL.

Use el editor de ecuaciones para las ecuaciones.

Considere un máximo de 15 páginas de extensión total del trabajo enviado.

Cuando se trate de números decimales, la parte entera irá separada de la parte decimal por (,) y en inglés por (.) (ej. 3,1416 para español y 3.1416 para inglés)

Los números a partir de los miles deberán ir separados por un espacio cada 3 cifras evitando el uso de cualquier signo de puntuación (ej. 1 000 000), con excepción de los años (ej. 2024).

Los números acompañados de unidades de medidas o signos deben estar separados de ellas por un espacio (ej. 25 %, 25 g).

Abreviaturas

Las abreviaturas deben definirse en la primera mención en el texto y usarse de manera consistente a partir de entonces.

Debe evitar el uso de notas al pie de páginas.

Las notas en las tablas deben estar ajustadas a las normas APA según la última edición.

Tablas y figuras

Cada manuscrito no debe superar las 5 tablas y las 5 figuras.

Todas las tablas y figuras deben ser numeradas usando números arábigos.

Las tablas y figuras deben citarse en texto en orden numérico consecutivo, siempre antes de aparecer en el documento.

Cada tabla y figura debe ser nombrada de manera que se explique la información que brinda.

Las tablas se numeran y nombran en la parte superior, mientras las figuras en la parte inferior. Siempre alineadas al margen izquierdo. Ej.

Tabla 1.

Relación entre las horas de sueño y el rendimiento académico de estudiantes de educación universitaria.

Figura 1. Relación entre las horas de sueño y el rendimiento académico de estudiantes de educación universitaria.

Las notas al pie de las tablas deben seguir la estructura sugerida en la última edición de APA.

No se aceptarán tomas de pantallas como figuras.

Las figura escaneada y fotos deben tener una resolución mínima de 1 200 ppi (píxeles por pulgada).

Si el diagramador lo considera necesario solicitará las figuras o datos originales.

Los gráficos deben elaborarse en blanco, grises y negro, no debiendo tener sombreados que no sean sólidos y que no aporten alguna información.

Evitar el uso de figuras tipo “gráfico pastel” y tridimensionales.

Toda la información dentro de las figuras, debe ser legible en su tamaño final.

Si se usa cualquier aumento en las fotografías, indíquelo utilizando barras de escala dentro de la misma figura.

Para la elaboración de figuras tener en cuenta las políticas al respecto.

Las figuras (fotos y esquemas) deben ser a colores, si fuera en blanco y negro asegúrese que la información principal sea suficientemente nítida.

Pie de figura

Cada figura debe tener un título conciso que describa con precisión lo que se representa.

Los nombres de las figuras comienzan con el término **Figura** en negrita, seguido del número de la figura, también en negrita, y a continuación el nombre.

Datos numéricos y medidas.

Para datos numéricos y medidas, emplear el sistema Internacional de Unidades (SI).

En los textos en español se usará la (.) para las fracciones y en inglés el (/)

Entre el último dígito y la unidad de medida o símbolo, debe mediar un espacio.

Los números de más de 4 dígitos tendrán un espacio cada 3 dígitos, siempre que no se refiera a años y no llevarán (.) o (,).

El término **elaboración propia** no es tenido en cuenta ya que no es fuente.

SISTEMA DE ARBITRAJE

La revista aplica la revisión por pares a doble ciego como sistema de arbitraje principal para garantizar la calidad de los artículos en cada publicación. Los evaluadores son externos a la universidad y expertos en cada área temática. El equipo editorial acepta la revisión por pares abierta como una modalidad opcional para la evaluación de manuscritos recibidos, en la que los autores podrán optar por esta modalidad, en tal caso se informa a los revisores, los que podrán aceptar o no su participación. Los autores también tienen la posibilidad de sugerir algún revisor en la “Carta de autorización para la publicación y distribución”.

El proceso de arbitraje se inicia con la revisión del cumplimiento de las instrucciones para autores dadas por la revista y la evaluación temática por el Editor Científico. Los autores recibirán un correo electrónico indicando la decisión preliminar si se acepta o rechaza el manuscrito en un plazo no mayor a 30 días a partir de la recepción. El rechazo del manuscrito tendrá carácter definitivo. Si es necesario realizar correcciones mínimas,

se le dará un plazo de 15 días para devolver el manuscrito corregido.

El siguiente paso es el envío de los manuscritos para el arbitraje en pares doble ciego. Los revisores externos desconocerán la identidad de los autores y viceversa. El plazo máximo para la evaluación es de 60 días. Luego de este periodo de tiempo los árbitros pueden considerar el manuscrito:

Publicable sin modificaciones.

Publicable con modificaciones menores.

Publicable con modificaciones mayores para volver a ser presentado y evaluado.

No publicable.

Los manuscritos serán devueltos a los autores en un plazo máximo de 15 días con las modificaciones menores o mayores de forma anónima para que realicen las correcciones en un plazo máximo de 20 días. No se aceptará ningún trabajo sin la totalidad de las modificaciones corregidas. Si las correcciones no fueron realizadas y enviadas hasta un plazo de 30 días, el manuscrito será dado de baja de forma automática.

POLÍTICA DE ACCESO Y REUSO

La revista se desarrolla bajo la modalidad de acceso abierto. El contenido de todos sus números está disponible para descargar a texto completo, sin periodos de embargo con el objetivo de incrementar la difusión de las investigaciones y el intercambio de conocimiento.

No se realiza ningún cobro por el envío, evaluación y publicación (APC's) de los artículos presentados al editor.

La Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu se distribuye bajo la Licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional, lo cual permite a terceros mezclar, transformar y crear a partir del contenido de nuestros artículos para fines comerciales y no comerciales, bajo la condición de que toda obra derivada de la publicación original sea distribuida bajo la misma licencia CC-BY 4.0, siempre que mencionen la autoría del trabajo, y a la primera publicación en esta revista. Los autores podrán realizar otros acuerdos independientes y adicionales para la distribución y reproducción no exclusiva de la versión publicada en la revista en otros medios impresos o electrónicos, siempre que se indique la autoría del trabajo y de su publicación inicial, tal como lo estipula la licencia. Los autores pueden archivar, en el repositorio o sitio web de su institución o personal, la versión previa a la revisión por pares y la ya publicada, esta última bajo el formato de la revista. Cualquier utilización comercial del contenido de nuestra publicación necesitará la autorización previa y por escrito del Editor Científico.

PRINCIPIOS ÉTICOS PARA LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS

Los principios éticos de la revista están adheridos a los lineamientos y recomendaciones del Código de Conducta y Directrices de Mejores Prácticas para Editores de Revistas dadas por el Comité Internacional de Ética en las Publicaciones Científicas

(COPE). Se encuentran disponibles en <https://publicationethics.org/> , en este sentido, el Editor Científico, Director Editorial, el Comité Editorial y el Comité Asesor promoverán las buenas prácticas en la investigación y podrán detectar alguna irregularidad o falta cometida por parte de los colaboradores. Se aplican los siguientes principios:

Originalidad: Los manuscritos enviados deben ser originales. No haber sido publicados anteriormente. No haber sido enviados simultáneamente a otras revistas para su evaluación. Si la información se extrae de una fuente externa se debe incluir la respectiva citación y referencia de acuerdo a las instrucciones a los autores.

Consentimiento: Todos los autores dan su consentimiento para el envío, revisión y publicación del manuscrito a través de la carta de autorización de publicación y distribución publicada dentro de las instrucciones a los autores.

Autoría: Todos los autores que contribuyeron con la investigación deben ser incluidos, sin omitir a ninguno, en el manuscrito. El orden de los autores depende de su mayor o menor participación en la investigación según sus criterios.

Transparencia: Se aplica un proceso de arbitraje en pares doble ciego de forma anónima, objetiva, consistente y con crítica constructiva. Los árbitros no tienen ningún vínculo de tipo laboral, académico o personal con los autores.

Manifiesto del uso de Inteligencia artificial (IA) generativa en la redacción del manuscrito

Los autores deben manifestar en la carta del autor, el empleo o no de IA generativa durante el proceso de redacción científica, según se tiene en cuenta en las políticas editoriales, omitiéndose el uso de cualquier herramienta de IA relacionada con el análisis de datos que forman parte de la investigación.

Al ser los autores los únicos responsables del contenido del manuscrito, se recomienda que cualquier uso de IA sea responsable, supervisado y controlado por los autores, teniendo en cuenta que en ningún caso la IA o herramientas asistidas por ella, debe ser citada como autor. Actualmente los revisores y editores NO tienen permitido el uso de IA generativa ni herramientas asistidas por IA en su importante labor.

El uso de IA generativa en el proceso de escritura debe ser declarado en el manuscrito. Su no declaración implica su no uso.

Uso de lenguaje inclusivo

Los autores deben reconocer en su manuscrito la diversidad y respeto a todas las personas, asegurándose de que su trabajo se utilice un lenguaje inclusivo en todo momento y no contenga nada que pueda implicar que una persona es superior a otra por motivos de edad, genero, orientación sexual, cultura, etnicidad o discapacidad.

Procesamiento de imágenes

Los autores deben respetar lo planteado en la revista en cuanto a las imágenes, haciendo énfasis en que los ajustes de brillo, contraste o balance de color se aceptan siempre que no eliminen ninguna información original. No se acepta el uso de IA generativa ni de herramientas asistidas por IA para crear o modificar imágenes.

Todo manuscrito que no se adecúe a estos principios y se compruebe una mala práctica será rechazado, retractado o eliminado, en función del estado en que se encuentre en el momento de detectar faltas éticas.

Los Editores se reservan el derecho de rechazar manuscritos que no cumplan con las pautas mencionadas anteriormente. El autor será responsable por el contenido comprendido en el manuscrito.



*Contribuyendo al desarrollo de la investigación,
la ciencia y la innovación científica del Perú.*

Avenida Salaverry 3180. Magdalena del Mar
Lima - Perú