

Año 1, N.º 1
Enero-Junio 2025

ISSN: 3119-7221 (En línea)



**Revista Científica Altoandina
de Ciencias Agrarias**
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA



2025

VOL. 1 Núm. 1

**Revista Científica Altoandina de
Ciencias Agrarias
(RECIALCIA)**

REVISTA CIENTÍFICA ALTOANDINA DE CIENCIAS AGRARIAS (RECIALCIA)

Vol. 1, N° 1 Enero – Junio 2025

Página web: <https://revistas.unh.edu.pe/index.php/recialcia>

© Universidad Nacional de Huancavelica

Facultad de Ciencias Agrarias

Av. Evitamiento Este S/N. Ciudad Universitaria “Común Era”, Acobamba,
Huancavelica – Perú

Cod. Postal: 09381

Teléfono: + 51 986 845 179

Equipo Editorial:

Director:

Dr. Ruggerths Neil De la Cruz Marcos
Universidad Nacional de Huancavelica

Dr. Rubén García Ticllacuri
Universidad Nacional de Huancavelica – Perú

Dr. Denis Dante Corilla Flores
Universidad Nacional de Huancavelica – Perú

Editor General

Franklin Ore Areche
Universidad Nacional de Huancavelica

Dra. Olivia Magaly Luque Vilca
Universidad Nacional de Juliaca – Perú

Dr. Juan Alberto Julcahuanga
Domínguez
Universidad Nacional de Piura – Perú

Comité Científico

Dra. María Gabriela Guevara
Universidad Nacional de Mar del Plata –
Argentina

Ing. Danitza Corina Paricanaza Ticona
Universidad Nacional del Altiplano – Perú

Dr. Junior Abraham Marcía Fuentes
Universidad Nacional de Agricultura – Honduras

MSc. Jorge Manuel Montalvo Otivo
Universidad Nacional de Huancavelica – Perú

Dr. Martín Gerardo Martínez Valdés
Universidad Autónoma de Chiapas – México

Dr. Gregorio José Arone Gaspar
Universidad Nacional de Barranca – Perú

Dr. David Choque Quispe
Universidad Nacional José María Arguedas –
Perú

Ph. D. Agustín Perales Angoma
Universidad Nacional de Huancavelica - Perú

Depósito Legal N° 2025-01657

ISSN: 3119 – 7221 (En línea)

La **Revista Científica Altoandina de Ciencias Agrarias (RECIALCIA)** es una revista científica de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Huancavelica - Perú, es de acceso abierto, revisado por pares sobre las ciencias agrarias, además de ser una publicación semestral. Su objetivo es la formación continua especializada de agrónomos, agroindustriales, zootecnistas, y otros investigadores científicos involucrados en las ciencias agrarias.

Publica resultados de trabajos de investigación originales e inéditos realizados por investigadores involucrados en las ciencias agrarias, difundiendo y poniéndolos a disposición de los investigadores, académicos y personas involucradas en el desarrollo agrario.

CONTENIDO

N°	MANUSCRITOS	Pág.
1	Presentación: Revista Científica Altoandina de Ciencias Agrarias (Recialcia) Ruggerths Neil De la Cruz Marcos	01
2	Efecto de pulpa de guanabana (<i>Annona muricata</i> L.) sobre las características sensoriales, funcionales y fisicoquímicas en galleta artesanal de trigo Gabriela Castro, Mercy Andara, Evelin Ordoñez, Yanina Baca, Tony Barahona Cruz	02
3	Balances de masa en la producción de bioetanol de segunda generación a partir de residuos agroindustriales Gustavo Adolfo Espinoza Calderón, Gloria Olivia Bustamante Cárdenas, Milthon Morales Miranda, Mauricio Taipe Quispe	09
4	Comparación del rendimiento y adaptación de dos variedades de <i>Lolium perenne</i> L. bajo condiciones altoandinas de Acobamba, Huancavelica Candelaria Flores Miranda, Toño Pariona Ircañaupa, Yendys Yura Huamani	17
5	Control biológico de querasas (<i>Fiorinia fioriniae</i> Targioni Tozzetti) en cultivo de palto en el valle interandino de Llacce, provincia de Acobamba Rodolfo Leon-Gomez, Julián Leonardo Mantari-Mallqui, Marino Bautista-Vargas, Walter Augusto Mateu Mateo, David Ruiz-Vilchez	28
6	Control biológico de antracnosis (<i>Colletotrichum</i> spp.) en tres ecotipos de guanábana (<i>Annona muricata</i> L.) en condiciones de vivero en la provincia de Chanchamayo Yesica Yohana Hilario Román, Gustavo Santiago Osorio Pagán, Miguel Ángel Hernández Martínez, José Miguel Sermeño Chicas	34
7	Influencia de la temperatura y solutos sobre la cinética de transferencia de materia en deshidratación osmótica de manzana (<i>Golden delicious</i>) Cledi Puma Condori, Sindy Karina Campos García	41
8	Efecto de soluciones ácidas orgánicas sobre las propiedades colorimétricas y fisicoquímicas en cuatro variedades de papa deshidratada Whany Quispe Chambi, Severo Huaquipaco Encinas, Eneida Lilia Condor Quinte, Erick Saul Toque Encinas, Constantin Mamani Mamani	53
9	Impacto de la quema de pastizales sobre la degradación de suelos en las zonas altoandinas de la región Huánuco Raúl Antonio Nolberto Coz	62
10	Uso del suelo y su degradación en Ocros, Ayacucho Samuel Palomino Quispe	70
11	Polifenoles totales del extracto hidroalcohólico de la planta medicinal de pisca pisca (<i>Columellia obovata</i>) Cesar Augusto Bautista-Trillo, Sandy Vialid Yauricasa-Tornero, Yertsin Riveros-Quiñones, Dianet Olibel Sanchez-Huaycha, Oliver Taype-Landeo	79



Presentación: Revista Científica Altoandina de Ciencias Agrarias (Recialcia)

Present: Revista Científica Altoandina de Ciencias Agrarias (Recialcia)

Ruggerths Neil De la Cruz Marcos¹ 



¹Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú

La *Revista Científica Altoandina de Ciencias Agrarias (Recialcia)* es la primera revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Huancavelica. De acceso abierto, nació con el propósito de ofrecer un espacio para que investigadores del campo de las ciencias agrarias difundan los resultados de sus estudios, favoreciendo así la formación continua y especializada de profesionales en agronomía, agroindustria, zootecnia, medicina veterinaria, ingeniería agrícola, ingeniería forestal, entre otros vinculados al sector agrario.

El conocimiento generado a través de la investigación científica constituye un insumo esencial para el desarrollo de la sociedad, pues no solo sustenta la formación académica de profesionales competentes, sino que también impulsa innovaciones y cambios tecnológicos que demanda tanto el país como el mundo. Este impacto se multiplica cuando los resultados llegan de manera directa a los actores del desarrollo y a quienes participan activamente en la producción y gestión agraria.

Resulta, especialmente gratificante, concretar la publicación y el lanzamiento del primer número de la revista. En esta edición, presentamos con satisfacción diez artículos científicos seleccionados de manera rigurosa. Entre ellos se incluyen estudios orientados a desarrollar un producto funcional con mejor perfil sensorial y nutricional a partir de la guanábana; evaluar balances de masa en la producción de bioetanol 2G a partir de cascarilla de arroz, rastrojos de maíz y caña de azúcar; comparar el rendimiento forrajero de variedades de *Lolium perenne*

L.; determinar el efecto de un hongo nativo en el control de la queresá del palto; comparar los resultados de tres ecotipos de *Annoma muricata* L. con cuatro niveles del antagonista, incluyendo un tratamiento testigo absoluto; evaluar la curva cinética de transferencia de masa en la deshidratación osmótica de *Golden delicias*; evaluar el impacto de soluciones ácidas orgánicas sobre propiedades colorimétricas, fisicoquímicas y el rendimiento de la papa deshidratada; evaluar el impacto de la quema de pastizales en la degradación del suelo; evaluar el grado de degradación de parcelas con uso agrícola y pastoreo; y determinar el contenido de polifenoles totales en extracto hidroalcohólico de la planta medicinal *Columellia obovata*. Estos trabajos representan un punto de partida y un desafío para seguir fortaleciendo la investigación científica de la mano de la academia y de especialistas en ciencias agrarias.






Agradecemos a todos los autores que respondieron a la convocatoria de *Recialcia* y enviaron sus manuscritos. Cada trabajo fue sometido a un proceso de evaluación exhaustivo y, tras cumplir los estándares establecidos, fue aceptado para su publicación en este número, que hoy ponemos a disposición de la comunidad académica y científica como una contribución al avance de las ciencias agrarias.

Ruggerths Neil De la Cruz Marcos

Director

Efecto de pulpa de guanabana (*Annona muricata* L.) sobre las características sensoriales, funcionales y fisicoquímicas en galleta artesanal de trigo

Effect of Soursop Pulp (*Annona muricata* L.) on the Sensory, Functional and Physicochemical Characteristics of Artisanal Wheat Biscuits

Gabriela Castro¹, Mercy Andara¹, Evelin Ordoñez²,
Yanina Baca², Tony Barahona Cruz³

¹Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Honduras

²Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Honduras

³Agencia de Regulación Sanitaria, Tegucigalpa, Honduras

Autor de correspondencia:

Gabriela Castro 

Historial del artículo:

Recibido el 14 de abril de 2025 | Aceptado el 10 de mayo de 2025 | Publicado el 20 de junio de 2025

RESUMEN

El presente estudio evaluó el efecto de la incorporación de harina de guanábana (*Annona muricata* L.) en la formulación de galletas, con el objetivo de desarrollar un producto funcional con mejor perfil sensorial y nutricional. Se ensayaron diferentes porcentajes de sustitución de harina de trigo (0 %, 5 %, 10 % y 15 %), analizando atributos sensoriales como color, aroma, sabor y textura. La formulación con 10 % de harina de guanábana mostró los mejores resultados en cuanto a color y sabor, sin comprometer la aceptabilidad en aroma y textura en comparación con el tratamiento control. En el análisis proximal, se observó que el contenido proteico (1.29 %) era inferior al mínimo establecido por el RTCA (3.0 %), probablemente debido a la reducción de harina de trigo. No obstante, el producto presentó un contenido aceptable de fibra dietética (3.81 g/100 g), clasificándose como fuente de fibra, y un bajo contenido de grasa (0.64 %), lo que lo convierte en una alternativa adecuada para consumidores interesados en productos reducidos en grasa. El contenido de humedad (5.26 %) superó ligeramente el valor máximo recomendado (5 %), atribuible a la capacidad higroscópica de la harina de guanábana. Aunque el contenido de minerales fue bajo (0.70 %), se considera aceptable funcionalmente para tratarse de un ingrediente con variabilidad natural. En conjunto, los resultados posicionan a la formulación con 10 % de harina de guanábana como la más prometedora para aplicaciones posteriores en el desarrollo de alimentos funcionales.

Palabras clave: harina de guanábana; galletas funcionales; análisis sensorial; perfil nutricional; fibra dietética; productos de panificación

ABSTRACT

The present study evaluated the effect of incorporating soursop flour (*Annona muricata* L.) in the formulation of cookies, with the objective of developing a functional product with better sensory and nutritional profile. Different percentages of wheat flour substitution were tested (0 %, 5 %, 10 % and 15 %), analyzing sensory attributes such as color, aroma, taste and texture. The formulation with 10 % soursop flour showed the best results in terms of color and flavor, without compromising acceptability in aroma and texture compared to the control treatment. In the proximal analysis, it was observed that the protein content (1.29 %) was lower than the minimum established by the RTCA (3.0 %), probably due to the reduction of wheat flour. However, the product had an acceptable dietary fibre content (3.81 g/100 g), classified as a source of fibre, and a low fat content (0.64 %), making it a suitable alternative for consumers interested in low-fat products. The moisture content (5.26 %) slightly exceeded the recommended maximum value (5 %), attributable to the hygroscopic capacity of soursop flour. Although the mineral content was low (0.70 %), it is considered functionally acceptable to be an ingredient with natural variability. Overall, the results position the formulation with 10 % soursop flour as the most promising for further applications in functional food development.

Keywords: soursop flour; functional biscuits; sensory analysis; nutritional profile; dietary fiber; bakery products

INTRODUCCIÓN

La guanábana (*Annona muricata* L.) es una fruta que forma parte de la familia de plantas *Annonaceae*. Se produce en regiones tropicales y subtropicales del mundo; es considerada una de las frutas con mayor contenido vitamínico y minerales como sodio, calcio, magnesio, potasio, fósforo y hierro (León et al., 2026). Su pulpa es utilizada como ingrediente para el desarrollo de formulaciones en panificación (i.e. galletas).

Las galletas son ampliamente consumidas y representan la categoría más grande de bocadillos en el mundo, entre ellas, se encuentran algunas formulaciones clásicas a partir de harina de trigo y otras elaboradas con harinas de plantas nativas como el teosinte. Asimismo, su uso en la entomofagia se ha incrementado, producto del aprovechamiento de especies de insectos ricos en macro- y microelementos (Aleman et al., 2022; Marcia et al., 2022; Delarca Ruiz et al., 2023; Rivera et al., 2024).

Generalmente, las galletas son ricas en carbohidratos, grasas y calorías, pero bajas en fibra, vitaminas y minerales; sin embargo, en la actualidad, la fortificación es una alternativa para mejorar su calidad nutricional

y funcional a partir del uso de ingredientes ricos en fitoquímicos (i.e. frutas silvestres como la guanábana) (Aceves-Navarro, 2018;

Ferreira et al., 2019; Marcia-Fuentes et al., 2020).

Por lo anterior, esta investigación tiene como novedad científica el aprovechamiento de la pulpa de guanábana (*Annona muricata* L.) como ingrediente funcional en la elaboración de una galleta tradicional con aceptación sensorial y calidad nutricional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Preparación de las muestras

El fruto de guanábana se obtuvo de forma silvestre en la Reserva Biológica "La Montañita", ubicada en la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG), Catacamas, Olancho, Honduras. Los frutos se clasificaron por tamaño y madurez fisiológica, seleccionando aquellos que no mostraron daños físicos. Posteriormente, estos fueron trasladadas al Laboratorio de Biotecnología de la UNAG para la separación manual de la pulpa, corteza y semilla, envasándose al vacío en bolsas de polipropileno biorientado, por separado, con pesos de 10 kg cada uno. Para la obtención de la harina de pulpa de guanábana, se procedió a emplear 10 bandejas conteniendo 1 kg de pulpa fresca cada una, sometiéndose a deshidratación a 40°C durante 6 horas a través de un deshidratador de flujo convectivo de aire

caliente (Labconco, modelo FreeZone™, Madrid, España) (Pantoja et al., 2020).

Preparación de la galleta

Las galletas se desarrollaron a partir de ingredientes comerciales, cuyas proporciones por cada formulación se detallan en la Tabla 1. El proceso de elaboración tuvo una duración aproximada de 40 minutos previa preparación de los ingredientes, derivado en 10 min de precalentado del horno y 30 min de horneado a una temperatura de 170°C, posteriormente, las galletas fueron envasadas al vacío y almacenadas a temperatura ambiente de 25°C ± 2°C hasta el momento de la realización de las pruebas sensorial y nutricional (Muñoz et al., 2024).

Tabla 1. Formulación base de la galleta

Ingrediente	Cantidad empleada (%)
Harina de trigo	50
Sal	0.2
Polvo de hornear	0.2
Margarina	12.5
Azúcar	15
Agua	15
Huevo	7.1

Diseño experimental

Para el desarrollo de esta investigación, se empleó un diseño descriptivo-cuantitativo de orden transversal a escala de laboratorio. A partir de la incorporación de harina de guanaba en la formulación de galletas artesanales en concentraciones del 5 %, 10 % y 15 % más el control, se empleó un diseño de bloques completamente al azar (Tabla 2) para la optimización de los resultados, con diferentes variables de respuestas, iniciando con la optimización de la formulación a través del análisis sensorial mediante una prueba descriptiva de 9 puntos aplicada en consumidores (Fuentes et al., 2019; Fuentes et al., 20204). Posteriormente a la fórmula más aceptada, se le realizó un análisis químico proximal y pruebas fitoquímicas de actividad antioxidante por la técnica de DPPH (Molina et al., 2024) y fenoles totales por la técnica de Folin Ciocalteu (FC) (Escobar et al., 2021; Fuentes et al., 2024).

Tabla 2. Unidades experimentales de la investigación

Tratamientos	R1	R2	R3
T1	T1R1	T1R2	T1R3
T2	T2R1	T2R2	T2R3
T3	T3R1	T3R2	T3R3
T4	T4R1	T4R2	T4R3

Análisis estadísticos

Para maximizar los resultados, se empleó el programa estadístico SPSS versión 27, a partir de estadísticas descriptivas, con una confianza del 95 % y pruebas de comparaciones múltiples de Tukey con un $P \leq 0.05$ (Fuentes et al., 2025).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Optimización de la formulación

La Tabla 3 muestra los resultados del análisis sensorial de las distintas formulaciones evaluadas. En el tratamiento control (T1), los panelistas destacaron principalmente el aroma, lo que sugiere que la formulación base posee un perfil aromático agradable y familiar. No obstante, la adición de harina de guanábana tuvo un impacto positivo en varias características sensoriales. En el tratamiento T2, que incorpora un 5 % de harina de guanábana, se observa una mejora significativa en la textura, lo que podría atribuirse a la capacidad de esta harina para retener humedad y aportar suavidad a la matriz del producto, como ha sido documentado por Bravo Pérez y Moreno Prada (2015); en productos de panificación enriquecidos con frutas tropicales.

Por su parte, la formulación con un 10 % de harina de guanábana (T3) mostró mejoras evidentes en el color y sabor, manteniendo un perfil sensorial cercano al tratamiento control en cuanto a aroma y textura. Estos resultados coinciden con lo informado por Bustos et al. (2015), quienes observaron que la incorporación de harinas de frutas en productos horneados no solo enriquece el contenido nutricional, sino que también mejora el color y sabor, aumentando la aceptación por parte del consumidor.

Además, estudios previos han demostrado que la harina de guanábana contiene compuestos fenólicos, flavonoides y azúcares naturales que pueden contribuir al desarrollo de un perfil sensorial más complejo y atractivo (Quispe-Cusi, 2016).

En consecuencia, la formulación con 10 % de harina de guanábana fue la más aceptada sensorialmente, lo que la posiciona como la opción más prometedora para su posterior análisis proximal y fitoquímico, con el fin de valorar su potencial como alimento funcional.

Tabla 3. Análisis sensorial de galleta enriquecida con harina de pulpa de guanábana

Tratamientos	Puntuación por atributos			
	Color	Aroma	Sabor	Textura
I	6.5±1.7b	6.7±1.4a	6.1±1.4c	6.9±1.6b
II	6.4±1.7b	6.2±1.7b	6.9±1.8b	7.2±1.a
III	6.7±1.9a	6.5±1.7b	7.6±1.9a	6.8±1.6b
IV	5.7±1.8c	5.8±1.5c	6.2±1.8c	6.3±1.5c

Nota: los resultados están expresados en promedio \pm desviación estándar. Letras diferentes en una misma columna, indican diferencias significativas ($p < 0.05$) según la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. Los tratamientos I, II, III y IV corresponden a los porcentajes de inclusión de harina de guanábana del 0 %, 5 %, 10 % y 15 % respectivamente.

En relación con la composición nutricional de las galletas (Tabla 4), se observará que el contenido de proteína fue de 1.29 %, un valor considerablemente inferior al mínimo de 3.0 % establecido por el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.54:10 para productos de panadería a base de trigo. Esta disminución podría deberse a la sustitución parcial de harina de trigo por harina de guanábana, ingrediente naturalmente más bajo en proteínas. Resultados similares han sido reportados por Ada-Ollomo (2017), quien encontró una reducción del contenido proteico al utilizar harinas de frutas en productos horneados.

Respecto al contenido de humedad, el RTCA 67.04.54:10 establece un máximo del 5 % para productos secos como las galletas. Sin embargo, la formulación evaluada presentó un valor de 5.26 %, superando ligeramente el límite normativo. Este leve incremento puede

explicarse por la alta capacidad de retención de agua de la harina de guanábana, también, esta característica se ha observado en formulaciones enriquecidas con harinas de frutas tropicales (Fan et al., 2020). Aunque el valor supera el umbral reglamentario, no compromete necesariamente la calidad del producto si se garantiza un envasado y almacenamiento adecuado. En cuanto al contenido de minerales (cenizas), se reportó un valor de 0.70 %, inferior al 3.17 % documentado por Méndez y De Delahaye (2007), para galletas elaboradas únicamente con harina de trigo. No obstante, este valor sigue siendo aceptable considerando que la formulación incorpora un ingrediente funcional como la harina de guanábana, cuyo perfil mineral puede variar en función del origen y procesamiento de la fruta.

En el caso de la grasa total, se obtuvo un valor de 0.64 %, muy por debajo del valor promedio de 25 % indicado por Méndez y De Delahaye (2007), en referencia a los datos de la FDA para galletas comerciales. Este bajo contenido graso representa una ventaja para los consumidores interesados en productos reducidos en grasa, lo cual se alinea con las actuales tendencias de alimentación saludable (Linlaud, 2014).

Finalmente, el contenido de fibra dietética fue de 3,81 g por cada 100 g de producto (Tabla 4), lo que permite clasificar a la galleta como una fuente de fibra, aunque no alcanza la categoría de "excelente fuente", la cual, según el RTCA 67.01.60:10 y la AACC (2001), exige un mínimo de 6 g por cada 100 g de alimento (Escudero & González, 2006; Reglamento Técnico Centroamericano, 2012).

Este aporte se atribuye a la harina de guanábana, reconocida por su alto contenido de fibra y su efecto positivo sobre la textura y el valor funcional de los productos horneados (Zumarán & Yglesias, 2023).

Tabla 4. Análisis proximal de la formulación optimizada (g/100g)

Análisis	g/100g	Referencia
Humedad	5.26	AOAC, 1984, 24.003.
Proteína	1.29	AOAC, 1984, 2.055-.057.
Ceniza	0.70	AOAC, 935.39
Grasa	0.64	AOAC, 1984, 7.060-.062
Fibra	3.31	AOAC, 935.39

La capacidad antioxidante es la actividad de una sustancia para inhibir la degradación oxidativa, de tal manera que un antioxidante actúa, principalmente, gracias a su acción para reaccionar con radicales libres y, por lo tanto, recibe el nombre de antioxidante, los cuales comúnmente son ingeridos a través de los alimentos (Montero et al., 2020).

La Tabla 5 muestra la alta capacidad antioxidante es debido a que las materias primas son conocidas por ser antioxidantes como la pulpa de guanábana por sus efectos antioxidantes (Maldonado et al., 2020).

Tabla 5. Actividad antioxidante y contenido de polifenoles totales de la formula optimizada

Tipo de prueba	Unidades	Concentración
Capacidad antioxidante	g/100g	326
Polifenoles totales	g/100g	135.035

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que la inclusión de harina de guanábana en la formulación de galletas influye en sus propiedades químicas y funcionales. Además, se evidencia una alta capacidad antioxidante, relacionada a los compuestos bioactivos presentes en la pulpa de guanábana, los cuales son reconocidos por su acción neutralizante de radicales libres. Este efecto antioxidante, combinado con los valores obtenidos en el análisis proximal, respaldan el potencial de la galleta desarrollada como un alimento funcional con características nutricionales destacables.

Desde el punto de vista sensorial, se considera que una inclusión de un 10 % de harina de guanábana es aceptada por los consumidores, sin diferencias significativas con respecto al tratamiento control. Esto sugiere la viabilidad tecnológica y sensorial del uso de esta materia prima en productos de panificación. Se recomienda profundizar en estudios de vida útil, estabilidad de compuestos bioactivos y evaluación de beneficios en salud a través de ensayos clínicos o *in vitro*, a fin de consolidar el desarrollo de productos funcionales derivados de frutas tropicales subutilizadas.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

- Aceves-Navarro, E. (2018). Producción de guanábana (*Annona muricata* L.) en alta densidad de plantación, como alternativa para productores con superficies reducidas. *Agro productividad*, 11(9).
- Ada-Ollomo, P. K. (2017). Propiedades tecnológicas de la harina de trigo sarraceno en función de su tamaño de partícula. Aplicación en panificación sin gluten.
- Aleman, R. S., Marcia, J., Pournaki, S. K., Borrás-Linares, I., Lozano-Sanchez, J., & Fernandez, I. M. (2022). Formulation of protein-rich chocolate chip cookies using cricket (*Acheta domesticus*) powder. *Foods*, 11(20), 3275. <https://doi.org/10.3390/foods11203275>
- Bravo Pérez, E. D., & Moreno Prada, L. J. (2015). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del pan tipo molde con sustitución parcial de harina de chontaduro (*Bactris gasipaes*) var. Rojo cauca.
- Bustos, A. Y., Nacchio, B. L., Iturriaga, L. B., & Taranto, M. P. (2015). Impacto de la adición de masa ácida de soja en la calidad tecnológica y funcional de productos de panificación.
- Delarca Ruiz, F., Aleman, R. S., Kazemzadeh Pournaki, S., Sarmiento Madrid, M., Muela, A., Mendoza, Y., & ... King, J. M. (2023). Development of Gluten-Free Bread Using Teosinte (*Dioon mejiae*) Flour in Combination with High-Protein Brown Rice Flour and High-Protein White Rice Flour. *Foods*, 12(11), 2132.
- Escobar, Á. O., Párraga, A. Y., Bosquez, D. K., Soto, N. R., & Fuentes, J. A. (2021). Evaluación de las Características Físico-Químicas y Sensoriales de la jalea de *Ananas comosus* y *Passiflora edulis*. *Revista InGenio*, 4(2), 49-60.


- Escudero, E., & González, P. (2006). La fibra dietética. *Nutrición hospitalaria*, 21, 61-72. <https://tinyurl.com/muy2ndnh>
- Fan, H., Zhang, M., Bhandari, B., & Yang, C. H. (2020). Food waste as a carbon source in carbon quantum dots technology and their applications in food safety detection. *Trends in Food Science & Technology*, 95, 86-96.
- Ferreira, M., Neto, M., De Melo, A., Montero, I., Chagas, E., Ferraz, V., & ... De Melo Filho, A. (2019). Physical-chemical properties and chemical composition of Brazil nut oil, *Bertholletia excelsa*, from state of Roraima, Brazilian Amazon. *Chemical Engineering Transactions*, 75, 391-396.
- Fuentes, J. M., Cardona, J. R., Herrera, A. B., Lagos, G. J., & Matute, K. P. (2025). Aplicabilidad del Análisis Multivariado en Alimentos. Estudios y Perspectivas. *Revista Científica y Académica*, 5(1), 503-511.
- Fuentes, J. M., Carrión, L. C., & Zumbado, H. (2019). Análisis del proceso de harina de yuca, sobre las propiedades sensoriales y nutricionales del casabe. *Nexo Revista Científica*, 32(1), 88-93.
- Fuentes, J. M., de Jesús Álvarez Gil, M., Zumbado Fernández, H., Montero-Fernández, I., Martín-Vertedor, D., Yadav, A., & Aleman, R. S. (2024). Physicochemical Characterization of Carao Honey Flour (*Cassia grandis*) and Its Effects on the Sensory Attributes in a Cookie. *Applied Sciences*, Applied Sciences.
- León, G., Granados, C., & Osorio, M. D. (2016). Caracterización de la pulpa de *Annona muricata* L. cultivada en el Norte del Departamento de Bolívar-Colombia. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 21(4), 1-9. <https://tinyurl.com/f7ewd8u4>
- Linlaud, N. E. (2014). Efecto de distintos hidrocoloides sobre la microestructura de la masa y su relación con la calidad de productos de panificación. *Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata*.
- Maldonado, S. A., Alemã, R. S., Fuentes, J. A., & da Conceição, M. (2020). Determination of total phenolic compounds, antioxidant activity and nutrients in Brazil nuts (*Bertholletia excelsa* HBK). *Journal of Medicinal Plants Research*, 14(8), 373-376.
- Marcia, J., Sosa, L., & Herrera, R. (2022). Toxicidad aguda oral y actividad antioxidante de la harina de las semillas de teosinte (*Diion mejiae*). *Revis Bionatura*, 7 (3) 5.
- Marcia-Fuentes, J. A., Montero Fernández, I., Saravia Maldonado, S. A., Varela Murillo, I. M., Silva Altamirano, C. M., Hernández Bonilla, F. J., & ...Álvarez Gil, M. D. (2020). Physical-chemical evaluation of the *Cassia grandis* L. as fortifying egg powder.
- Méndez, A. D., & de Delahaye, E. P. (2007). Evaluación de galletas dulces tipo wafer a base de harina de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* B.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 60(2), 4195-4212.
- Molina, C., García, S. K., Marcía Fuentes, J., Ore Areche, F., Yadav, A., & Aleman, R. S. (2024). Effects of Capulin (*C. xalapensis*) on the Microbiological, Physicochemical and Sensory Properties of Yogurt. *Dairy*, 5(3), 515-525.
- Montero, I. F., Saravia, S. A., Santos, R. A., dos Santos, R. C., Marcía, J. A., & da Costa, H. N. (2020). Nutrients in Amazonian fruit pulps with functional and pharmacological interest. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 14(5), 118-127.
- Muñoz, J. P., García, J. J., Arévalo, L. E., & Cedeño, J. C. (2024). Galletas dulces con sustitución parcial de harina de trigo por polvo De cáscara de Pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 11(1), 18-30.
- Pantoja, L., Prieto, G., & Vargas, E. A. (2020). Caracterización de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) para su industrialización. *Tayacaja*, 3(1). <https://doi.org/10.46908/rict.v3i1.72>
- Quispe-Cusi, M. N. (2016). Desarrollo de galletas dulces funcionales con harina de trigo, harina de plátano, semillas de ajonjolí y pulpa de guanábana.

- Reglamento Técnico Centroamericano.
(2012). RTCA 67.01. 60: 10: Etiquetado
nutricional de productos alimenticios
preenvasados para consumo humano para
la población a partir de 3 años de edad.
- Rivera, C. J., Aleman, R. S., Ortega, J., Muela,
A., Marcia, J. K., & Prinyawiwatukul, W.
(2024). Effects of Teosinte Flour (*Dioon
mejiae*) on Selected Physicochemical
Characteristics and Consumer Perceptions
of Gluten-Free Cocoa Cookies Formulated
with Mung Bean (*Vigna radiata*) Flour.
Foods, 13(6), 910.
- Zumarán, O. R., & Yglesias, L. A. (2013).
Optimización de las propiedades físicas,
nutritivas y sensoriales del pan elaborado
con harina de espárrago, kiwicha y trigo.
Revista Ciencia y Tecnología, 9(3), 23-34.
<https://tinyurl.com/pzszvdx5>



Balances de masa en la producción de bioetanol de segunda generación a partir de residuos agroindustriales

Mass Balances in the Production of Second-Generation Bioethanol from Agroindustrial Waste

Gustavo Adolfo Espinoza Calderón¹, Gloria Olivia Bustamante Cárdenas¹,
Milthon Morales Miranda¹, Mauricio Taipe Quispe¹

¹Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú

Autor de correspondencia:

Gustavo Adolfo Espinoza Calderón 

Historial del artículo:

Recibido el 2 de abril de 2025 | Aceptado el 30 de mayo de 2025 | Publicado el 20 de junio de 2025

RESUMEN

La producción de bioetanol de segunda generación (2G), a partir de residuos agroindustriales, se presenta como una estrategia biotecnológica sostenible para la valorización de biomasa lignocelulósica. Este trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar exhaustivamente los balances de masa en las etapas clave del proceso de obtención de bioetanol 2G, utilizando como materias primas la cascarilla de arroz, rastrojo de maíz (chala) y rastrojo de caña de azúcar, abundantes en la agroindustria. El proceso estudiado comprendió las etapas de recepción y molienda, la hidrólisis enzimática, la fermentación alcohólica, la destilación para la concentración del etanol, la deshidratación para alcanzar la pureza requerida y la desnaturalización para su uso como biocombustible. Se realizaron mediciones precisas de masa para analizar y cuantificar los rendimientos y las pérdidas en cada etapa del proceso de bioetanol. Los resultados indicaron un rendimiento global de conversión de biomasa a bioetanol del 5.35 %, identificando la etapa de destilación como un punto crítico con el mayor impacto en la eficiencia general del proceso. La molienda mostró una pérdida de masa del 1 %, mientras que la fermentación alcanzó una eficiencia de conversión de azúcares a bioetanol del 5 %. El análisis de los balances de masa demostró ser una herramienta fundamental para la evaluación detallada y la identificación de oportunidades de optimización del proceso, sugiriendo que la mejora de la eficiencia en la etapa de fermentación y pretratamiento podría tener un impacto significativo en el rendimiento global y la viabilidad económica del proceso.

Palabras clave: bioetanol de segunda generación; residuos agroindustriales; balances de masa; fermentación

ABSTRACT

The production of second-generation (2G), bioethanol from agroindustrial waste, is presented as a sustainable biotechnological strategy for the valorization of lignocellulosic biomass. This research comprehensively evaluated the mass balances at key stages of the 2G bioethanol production process, using rice husks, corn stover (chala), and sugarcane stover, abundant in the agroindustry, as raw materials. The studied process included reception and grinding, enzymatic hydrolysis to release fermentable sugars, alcoholic fermentation, distillation to concentrate ethanol, dehydration to achieve

the required purity, and denaturation for use as a biofuel. Precise mass and volume measurements were made at strategic points throughout the process to quantify flows and determine mass balances at each stage. The results indicated an overall biomass-to-bioethanol conversion efficiency of 5.35 %, identifying the distillation stage as a critical point with the greatest impact on overall process efficiency. Milling showed a 1 % mass loss, while fermentation achieved a sugars-to-bioethanol conversion efficiency of 5 %. Mass balance analysis proved to be a fundamental tool for the detailed evaluation and identification of process optimization opportunities, suggesting that improving efficiency at the fermentation stage and pre-treatment could have a significant impact on the overall yield and economic viability of the process.

Keywords: second generation bioethanol; agroindustrial waste, mass balance, fermentation

INTRODUCCIÓN

El Perú alberga una extraordinaria riqueza de productos agrícolas y agropecuarios, sustentando una agroindustria en notable expansión durante los últimos años. Este crecimiento, sin embargo, conlleva la generación de volúmenes significativos de residuos (Mercado & Collazos, 2022).

En Perú, la producción de bioetanol cuenta con un respaldo legal que fomenta su crecimiento. Una normativa específica para la promoción del mercado de biocombustibles establece las bases para esta actividad, promoviendo la libre competencia y el acceso al mercado con la finalidad de diversificar las fuentes de energía del país, impulsar el desarrollo agropecuario y mitigar la contaminación ambiental. Este contexto legal favorable subraya la relevancia de optimizar los procesos de producción de bioetanol, donde el análisis detallado de los balances de masa, enfoque central de esta investigación, desempeña un rol crucial para alcanzar los objetivos de eficiencia y sostenibilidad definidos en la legislación (Cabezas-Oruna, 2017).

El bioetanol es un tipo de Etanol producido a partir de biomasa o la fracción biodegradable de residuos agroindustriales (Gracida & Pérez, 2014), cuyo uso principal es en motores de gasolina convencionales, mezclando hasta el 15 % con gasolina y los motores Flex- fuel como E85 E-Diesel mezclado máximo al 10 % (Castillo, 2012). El bioetanol de segunda generación, obtenido de materiales lignocelulósicos, emerge como una opción prometedora y más sostenible que los biocombustibles de primera generación. Al no

utilizar recursos que compiten con la producción de alimentos y debido a la abundancia de biomasa lignocelulósica, su menor costo potencial podría reducir el precio del biocombustible final (Faba et al., 2014).

La producción de bioetanol, a partir de residuos agroindustriales, implica una serie de etapas secuenciales que incluyen la reducción de tamaño mediante molienda, un pretratamiento con explosión de vapor, la descomposición enzimática (hidrólisis), la fermentación alcohólica y la eliminación de agua (deshidratación). El proceso fundamental consiste en la obtención de glucosa a partir del almidón o la celulosa presentes en los residuos, la cual, posteriormente, se transforma en etanol mediante fermentación.

Si bien la producción de bioetanol 2G a partir de residuos agroindustriales presenta un potencial significativo en el Perú, existe una brecha importante en la aplicación sistemática y detallada de los principios de balance de masa para la comprensión, así como optimización de los procesos.

Por lo tanto, esta investigación propone utilizar los fundamentos del balance de masa para examinar y cuantificar el movimiento de materiales en las diversas fases del proceso de obtención de bioetanol de segunda generación a partir de rastrojos de caña de azúcar (42.91 % de celulosa) (Resano et al., 2022), cascarilla de arroz (39.05 % de celulosa) y chala de maíz (43.14 % de celulosa) (Prado et al. (2012), con el fin de identificar áreas de mejora, evaluar la eficiencia de conversión y contribuir a la optimización, así como a la sostenibilidad de esta prometedora vía de valorización.

MATERIALES Y MÉTODOS

La producción de bioetanol de segunda generación se realizó en el laboratorio de procesos y operaciones unitarias del departamento de química ubicado en el Centro Modelo de Tratamiento de Residuos (Cemtrar) perteneciente a la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

Materia prima

Los materiales que se usaron fueron cascarilla de arroz, rastrojo de maíz (chala) y rastrojo de caña de azúcar, los cuales se obtuvieron de los fundos ubicados en la ciudad de Piura. Previo al proceso de obtención de bioetanol, a la materia prima se realiza el análisis de humedad, ceniza, proteína y porcentaje de lignina de acuerdo a los protocolos estandarizados por la AOAC International (Association of Official Analytical Chemists).

Insumos

Para el proceso de la hidrólisis enzimática, se utilizó los siguientes insumos:

Tabla 1. Reactivos para la obtención de bioetanol

Reactivo	Marca	País
Endoglucanasas	Genencor	EE. UU.
Exoglucanasas	Dyadic	EE. UU.
β -Glucosidasas	Novozymes	Dinamarca

Equipos y materiales de laboratorio

Para llevar a cabo las etapas del proceso de producción de bioetanol de segunda generación, se consideran los siguientes equipos. La reducción de tamaño de los residuos agroindustriales se realizará mediante un molino de martillo Bliss Industries, modelo 4860 HD, con una potencia típica de 200 kW y procedente de Estados Unidos. La hidrólisis de la biomasa pretratada se llevará a cabo en un reactor encapsulado de Pfaudler Werke GmbH, con una capacidad de 50 m³ y origen alemán. La fermentación de los azúcares liberados se

realizará en un reactor Bioengineering AG, modelo BSF-5000, con una capacidad de 5000 litros y fabricado en Suiza. Para el pretratamiento mediante explosión de vapor, se utilizará un equipo ACE Pilot de Sunds Defibrator AB, con una capacidad de procesamiento de 50 kg/h de biomasa seca y proveniente de Suecia. Finalmente, la separación y purificación del bioetanol se llevará a cabo en un destilador de platos BX Column de Sulzer Chemtech, diseñado específicamente para las necesidades del proceso y con origen suizo.

Asimismo, para la obtención de bioetanol, se siguió el procedimiento de la Figura 1, el cual se detalla:

1. Recepción de la materia prima: la cascarilla de arroz, el rastrojo de maíz (chala) y el rastrojo de caña de azúcar son almacenados en el área de recepción de la planta.
2. Molienda: consiste en una combinación de desfibrado y molienda que permita reducir el tamaño de las partículas de 1 a 3 milímetros y aumentando la superficie específica y la densidad aparente. Este procedimiento se realiza utilizando un molino de martillos. Operará a una velocidad de rotación del rotor de 3000 revoluciones por minuto (RPM) y a una velocidad de carga del material de 2 a 5 toneladas por hora (t/h).
3. Explosión de vapor: en esta etapa del proceso la materia prima previamente molida, es sometida a calor para solubilizar la hemicelulosa y hacerla accesible a la hidrólisis enzimática, evitando la formación de inhibidores. Se realiza en un reactor hidrotérmico de acero inoxidable de alta aleación a una temperatura y presión máxima de 170 °C y 1 MPa respectivamente.
4. Hidrólisis enzimática: la reacción se llevó a cabo bajo condiciones controladas de pH 4.8 y una temperatura entre 45 y 50°C. Para facilitar la descomposición del material celulósico y hemicelulósico pretratado, se utiliza una mezcla de

- diversas enzimas, incluyendo endoglucanasas, exoglucanasas y beta-glucosidasas, las cuales se dispersan en una solución acuosa donde se suspende la biomasa. La operación se realiza en un reactor con agitación constante a 500 RPM para asegurar una mezcla homogénea.
5. Fermentación: durante esta fase del proceso, se lleva a cabo la fermentación alcohólica, una reacción de óxido-reducción que ocurre en ausencia de oxígeno y con la participación de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Esta operación se desarrolla en un reactor con agitación a una velocidad de 30 revoluciones por minuto.
 6. Destilación: esta operación se lleva a cabo en un equipo destilador de 31 platos, donde la mezcla fermentada, rica en etanol y otros compuestos volátiles. Se introduce continuamente por la parte media o inferior de la columna (flujo de alimentación).
 7. Deshidratación: en esta fase del proceso, se logró una concentración de alcohol cercana al 99 %. Para alcanzar este nivel de pureza, se empleó un sistema de deshidratación que incluye una columna de destilación extractiva, una torre para recuperar el solvente utilizado, así como condensadores y decantadores.
 8. Desnaturalización: una vez obtenido el alcohol se sometió a una desnaturalización para ser considerado alcohol carburante y posteriormente poder ser mezclado con la gasolina o diesel.

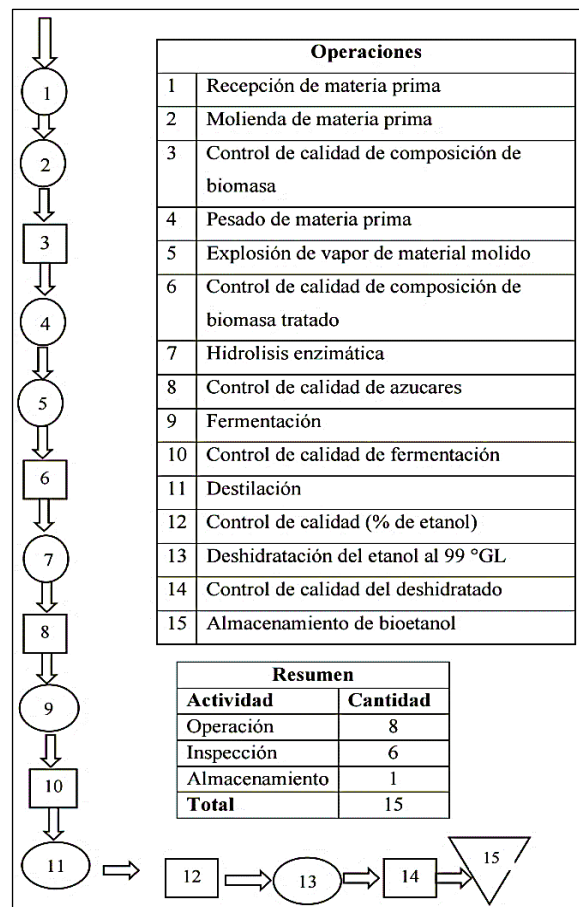


Figura 1. Diagrama de proceso para la obtención de bioetanol

El análisis de las corrientes que entran y salen de procesos de transferencia de masa, tales como la destilación, la extracción líquido-líquido, la absorción, la lixiviación y el secado, constituye la base del balance de materia en estas operaciones. Asimismo, la máxima concentración que cada componente puede alcanzar en cada una de las fases que interactúan está determinada por el equilibrio físico entre ellas (Álvarez, 2011).

Los balances de materia sencillos, que se aplican en procesos sin transformación química como la mezcla, la separación, el contacto a contracorriente, el contacto en paralelo, los sistemas con recirculación y los sistemas con derivación, se basan únicamente en la conservación de la masa (Basurco, 2019).

Metodología de balance de materia

En el presente trabajo de investigación, se desarrolló la metodología para los cálculos de balances de masa en el proceso de obtención de bioetanol como elementos fundamentales del estudio. Aplicando el balance de materia en estado estacionario, la fórmula se muestra a continuación:

Entrada + Entrada de insumos = Salida + Consumo

- Entrada: la cantidad de masa que ingresa al sistema dentro de un período específico
- Salida: la cantidad de masa que abandona el sistema dentro del mismo período.
- Consumo: la cantidad de masa que se consume dentro del sistema debido a reacciones químicas u otros procesos, similar a la generación, en balances de masa físicos, este término suele ser cero.

Rendimiento de la Operación (%) =
Cantidad real del producto clave que sale de la operación/Cantidad de la materia prima clave que entra a la operación

RESULTADOS

Balance de materia

A través de la cuantificación de los flujos de materiales en cada etapa, desde la biomasa residual hasta el producto final, se pueden identificar puntos críticos, optimizar el rendimiento y determinar el impacto ambiental del proceso. En las Tablas 1 y 2, se presentan los resultados obtenidos del balance de materia, donde se detallan las cantidades de materiales que ingresan y salen de cada etapa, así como los rendimientos y las pérdidas asociada.

En las Figuras 2, 3, 4, 5 y 6, se detallan los balances de masa de cada operación

unitaria en donde se aprecia a detalle el rendimiento en cada etapa de la extracción de bioetanol. Se opone un énfasis en la entrada y salida de material, así como al centro de la figura el porcentaje de material que se queda como residuo de cada operación.

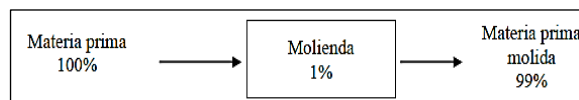


Figura 2. Rendimiento de la molienda

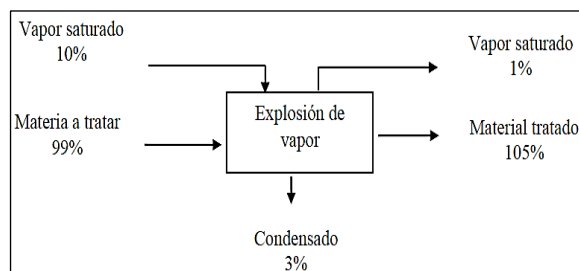


Figura 3. Balance de materia de la explosión de vapor

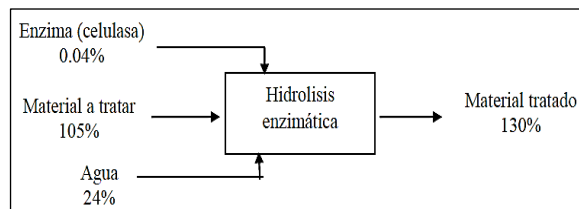


Figura 4. Balance de materia de hidrólisis enzimática

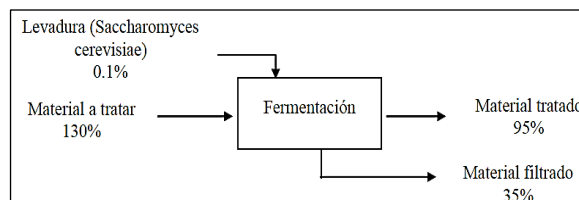


Figura 5. Balance de materia de la fermentación

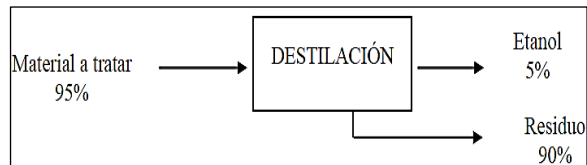


Figura 6. Balance de materia de hidrólisis destilación

Tabla 2. Balance de masa en porcentaje para el proceso de obtención de bioetanol

Operación	Insumos que ingresan %	Ingreso %	Residuo %	Salida %	Rendimiento de operación (%)	Rendimiento del proceso (%)
Molienda	0	100	1	99	99.00	99.00
Explosión de vapor	10	109	4	105	106.06	105.00
Hidrólisis enzimática	24	130	0	130	124.00	130.20
Fermentación	0.1	130	35	95	73.23	95.35
Destilación	0	18	90	5	5.61	5.35

Tabla 3. Balance de masa en kilogramos para la obtención de bioetanol

Operación	Insumos que ingresan (Kg)	Ingreso (Kg)	Residuo consume (Kg)	Salida (Kg)	Rendimiento de operación (%)	Rendimiento del proceso (%)
Molienda	0	20	0.2	19.8	99.00	99.00
Explosión de vapor	2	19.8	0.8	21	106.06	105.00
Hidrólisis enzimática	5.04	21	0	26.04	124.00	130.20
Fermentación	0.03	26.04	7	19.07	73.23	95.35
Destilación	0	19.07	18	1.07	5.61	5.35

DISCUSIÓN

El análisis del balance de masa en la producción de bioetanol a partir de residuos de maíz, arroz y caña de azúcar reveló variaciones significativas en la eficiencia de conversión y los rendimientos obtenidos. En el caso del producto final obtenido, se observó un rendimiento promedio de bioetanol de 5.35 %. Sin embargo, a diferencia de Wang et al. (2024), quienes reportaron 12 % de rendimiento en la obtención de bioetanol de maíz, nuestros hallazgos revelan que el maíz, como materia prima única, produjo considerablemente más bioetanol que la combinación de arroz, maíz y azúcar que empleamos.

El análisis de balance de masa reveló pérdidas significativas de masa en etapas específicas del proceso. Por ejemplo, la pérdida del 1 % en la molienda, aunque aparentemente menor, subraya la importancia de considerar todas las corrientes, incluso las que podrían parecer insignificantes. En consonancia con los hallazgos de Bellido (2013), también, reportaron pérdidas de masa en la etapa de pretratamiento de bioetanol de maíz. Siguiendo las recomendaciones de Alonso et al. (2011), la identificación de las pérdidas en el balance es significativa, ya que señala oportunidades para la optimización de procesos y la reducción de la generación de residuos, tal como lo enfatizan.

Es importante destacar que el balance de masa también se vio influenciado por la cantidad de subproductos generados durante el proceso, como el bagazo. La gestión adecuada de estos subproductos ya sea para su aprovechamiento en otros procesos o para su tratamiento y disposición final, es crucial para mejorar la sostenibilidad y la viabilidad económica de la producción de bioetanol.

La metodología de balance de masa implementada en este trabajo permitió una cuantificación detallada de los flujos de materia a través de las distintas etapas del proceso de producción de bioetanol 2G a partir de cascarilla de arroz, rastrojo de maíz y rastrojo de caña de azúcar. A diferencia de Faba et al. (2014), nuestro enfoque se centró en la medición precisa de la masa en cada corriente de entrada y salida, lo que posibilitó la identificación de pérdidas no evidentes en

análisis basados únicamente en la medición de productos finales.

Casco et al. (2022), por su parte, mencionan que la combinación de métodos de pretratamientos maximiza el rendimiento de etanol a partir del bagazo de caña de azúcar.

CONCLUSIONES

El análisis exhaustivo de los balances de masa aplicado al proceso de producción de bioetanol de segunda generación a partir de residuos agroindustriales peruanos ha proporcionado información valiosa para la comprensión y optimización de esta vía de valorización. Se ha demostrado la viabilidad técnica de convertir estos subproductos en un biocombustible de alto valor añadido, aunque la eficiencia global del proceso está intrínsecamente ligada al rendimiento de cada etapa individual.

Los rendimientos obtenidos en cada proceso fueron altos como es el caso en la molienda de los residuos agroindustriales (caña de azúcar, cascarilla de arroz y chala de maíz) obtuvo un 99 % (de un peso de 20 kg de materia prima total), en la explosión de vapor un 105 % (esto debido a la adición de insumos adicionales para su operación correcta), en la hidrólisis enzimática un 130 % (del mismo modo con un adicional de insumos de 5.04 kg), la fermentación obtuvo un 95.35 % (adicionalmente se agregó 0.03 kg de insumos) y, finalmente, un 5.35 % en la destilación. En trabajos futuros, se podrían utilizar residuos agroindustriales producidos en la sierra específicamente en la región Huancavelica.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declararon que no existe conflicto de intereses con respecto al trabajo realizado, autoría y/o publicación de este artículo científico.

REFERENCIAS




Alonso, J., Domínguez, H., Garrote, G., González, M., Gullón, B., Moure, A., Santos, V., Vila, C., & Yáñez, R. (2011). Biorefinery processes for the integral

- valorization of agroindustrial and forestal wastes. *CyTA-Journal of Food*, 9(4):282-289.
- Alvarez, H. (2013). *Balances de materia y energía, formulación, solución y usos en Procesos Industriales*. Editorial ArtBox Medellín, Colombia.
- Basurto, R. (2019). *Balance de Materia y Energía*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú.
- Bellido, C. (2013). *Obtención de Bioetanol 2G a partir de hidrolizados de paja de trigo. Fermentación conjunta de los penta y hexa carbohidratos con Pichia stipitis*. Tesis doctoral. Universidad de Valladolid. Valladolid, España. Pp. 120.
- Casco-Méndez, Gladys María, Diéguez-Santana, Karel, Sarduy-Pereira, Liliana, Vinocunga-Pillajo, Reni Danilo, Pomavilla-Guaminga, Shirley Isamar, & Pérez-Martínez, Amaury. (2022). Diseño del proceso de obtención de bioetanol carburante mediante hidrólisis enzimática del bagazo de caña en pastaza. *Centro Azúcar*, 49(2), 35-46. Epub 01 de abril de 2022. <https://tinyurl.com/2pk47p9m>
- Castillo-Hernández, P., Mendoza-Domínguez, A., & Caballero-Mata, P. (2012). Análisis de las propiedades fisicoquímicas de gasolina y diesel mexicanos reformulados con Etanol. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 13(3), 293-306. <https://tinyurl.com/4feht7an>
- Díaz, C., & Herrera, F. (2016). *Producción de etanol combustible a partir de lignocelulosas*. Popayan, Colombia: Universidad del Cauca.
- Escalante, J., & Fuentes, H. (2013). *Estudio experimental de obtención de bioetanol a partir de residuos agrícolas de banano orgánico en Piura*. Piura: Universidad de Piura.
- Faba, L., Díaz, E., & Ordóñez, S. (2014). Transformación de biomasa en biocombustibles de segunda generación. *Madera y bosques*, 20(3), 11-24. <https://tinyurl.com/4tsjwnx3>
- Gracida Rodríguez, J. N., & Pérez-Díaz, B. (2014). Factores previos involucrados en la producción de bioetanol, aspectos a considerar. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30(2), 213-227. <https://tinyurl.com/3hed5d2a>
- Mercado-Mamani, S. L., & Collazos-Cabrera, J. A. (2022). Contexto del impacto ambiental generado por la agroindustria en el Perú. *Innova Biology Science: Revista Científica de Biología y Conservación*, 13-22(2). <https://tinyurl.com/2pyfd4n6>
- Cabezas-Oruna, J. (2017). Biocombustibles para el parque automotor de Lima Metropolitana y el Callao. *Paideia*, 4(5), 124-136. <https://doi.org/10.31381/paideia.v4i5.914>
- Prado-Martínez, M., Anzaldo-Hernández, J., Becerra-Aguilar, B., Palacios-Juárez, H., Vargas-Radillo, J. de J., & Rentería-Urquiza, M. (2012). Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta. *Madera y bosques*, 18(3), 37-51. <https://tinyurl.com/mrykae2v>
- Resano, D., Guillen, O. W., Ubillús, F. D. R., & Barranzuela, J. L. (2022). Caracterización fisicoquímica del bagazo de caña de azúcar industrial y artesanal como material de construcción. *Información tecnológica*, 33(2), 247-258. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642022000200247>
- Wang, Y., Su, C., Mei, X., Jiang, Y., Wu, Y., Khalili, A., Amiri, H., Zhang, C., Cai, D., & Qin, P. (2024). Improved bioethanol production from corn stover using microwave-assisted protic ionic liquid pretreatment and an engineered *S. cerevisiae* strain. *Biomass and Bioenergy*, 191, 107486. <https://doi.org/10.1016/J.BIOMBIOE.2024.107486>



Comparación del rendimiento y adaptación de dos variedades de *Lolium perenne* L. bajo condiciones altoandinas de Acobamba, Huancavelica

Comparison of Yield and Adaptation of Two *Lolium perenne* L. Varieties under High-Andean Conditions in Acobamba, Huancavelica

Candelaria Flores Miranda¹, Toño Pariona Ircañaupa², Yendys Yura Huamani¹

¹Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú

²Word Visión Internacional, Huancavelica, Perú

Autor de correspondencia:

Candelaria Flores Miranda 

Historial del artículo:

Recibido el 28 de marzo de 2025 | Aceptado el 30 de mayo de 2025 | Publicado el 20 de junio de 2025

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo comparar el rendimiento forrajero y la adaptabilidad agronómica de dos variedades de *Lolium perenne* L. (Tama y Wester) bajo condiciones altoandinas del distrito de Acobamba, Huancavelica. Se evaluaron variables morfofisiológicas y productivas a los 60 y 105 días después de la siembra, incluyendo número de plantas establecidas, longitud de planta, peso fresco, contenido de materia seca, longitud y peso de raíz, y número de macollos. El diseño experimental fue completamente al azar con dos tratamientos y tres repeticiones. El análisis estadístico se realizó mediante la prueba t de Student para muestras independientes con un nivel de significancia del 5 %. Los resultados mostraron diferencias significativas a favor de la variedad Wester en el número de plantas emergidas, longitud de planta, peso fresco y contenido de materia seca, especialmente a los 105 días, indicando un crecimiento más vigoroso y una mayor capacidad de adaptación al ambiente altoandino. No se observaron diferencias significativas en las variables radicales ni en el número de macollos, aunque Tama presentó una tendencia a mayor ahijamiento. Se concluye que la variedad Rye Grass Wester presenta un mejor desempeño agronómico y productivo en condiciones altoandinas, siendo una opción promisoría para la siembra de pasturas permanentes o rotativas en zonas similares. Se recomienda validar estos resultados en ensayos multianuales y con diferentes manejos agronómicos.

Palabras clave: adaptabilidad; forrajero; pasturas; ahijamiento; macollo

ABSTRACT

This research aimed to compare the forage yield and agronomic adaptability of two *Lolium perenne* L. (Rye Grass) varieties —Tama and Wester— under high-Andean conditions in the district of Acobamba, Huancavelica (Perú). Morphophysiological and productive variables were evaluated at 60 and 105 days after sowing, including plant establishment, plant height, fresh weight, dry matter content, root length and weight, and number of tillers. A completely randomized design was used with two treatments and three replications. Statistical analysis was performed using Student's t-test for independent samples at a 5 % significance level. The results showed significant differences in favor of the Wester variety for plant establishment, plant height, fresh weight, and dry matter content, especially at 105 days, indicating

more vigorous growth and better adaptation to the high-altitude environment. No significant differences were observed in root traits or number of tillers, although Tama showed a slight tendency for higher tillering. It is concluded that the Wester variety demonstrates superior agronomic and productive performance under high-Andean conditions and represents a promising alternative for the establishment of permanent or rotational pastures in similar regions. Further trials under different agronomic management and over multiple growing seasons are recommended.

Keywords: adaptability; forage; pastures; tillering; tiller

INTRODUCCIÓN

En las zonas altoandinas del Perú, como la región de Huancavelica, la producción ganadera se encuentra limitada por la baja disponibilidad y calidad de forrajes durante buena parte del año, debido a condiciones climáticas adversas, suelos empobrecidos y un manejo extensivo de las pasturas (Minagri, 2020; Pastos & Forrajes del Ecuador, 2021). En este contexto, el establecimiento de especies forrajeras adaptadas al entorno andino se vuelve estratégico para mejorar la sostenibilidad de los sistemas productivos, ya que influye directamente en la productividad animal, la cobertura del suelo y la estabilidad del ecosistema (Cao et al., 2025; Fan et al., 2021). Diversos estudios han demostrado que especies como *Lolium perenne* L. contribuyen al reforzamiento del suelo mediante el entrelazamiento de raíces finas, mejorando la resistencia al corte del complejo raíz-suelo incluso en condiciones de humedad variable (Fan et al., 2021). Asimismo, se ha evidenciado que *L. perenne* puede formar asociaciones benéficas con bacterias que mejoran la disponibilidad de nutrientes, regulan los ciclos de carbono y nitrógeno, y aumentan su capacidad de adaptación a suelos degradados (Yin et al., 2025).

Lolium perenne (Rye Grass) es una gramínea de alta calidad forrajera, valorada por su rápida implantación, excelente palatabilidad, elevado contenido nutricional y buena capacidad de rebrote (Wilkins & Humphreys, 2003; Silveira et al., 2020). Además, investigaciones recientes resaltan su capacidad de adaptarse a entornos contaminados gracias a la acción beneficiosa de microorganismos en la rizósfera que estimulan la biosíntesis de auxinas, mejoran el metabolismo c/n y promueven el crecimiento radicular (Wen et al., 2025).

También, se ha reportado su potencial uso combinado con lombrices para la remediación de suelos afectados por metales pesados, lo que amplía su utilidad agroecológica (Lu et al., 2025).

Sin embargo, su comportamiento en ambientes altoandinos, caracterizados por baja temperatura media anual, radiación intensa y suelos con limitaciones físicas y químicas, requiere validación local a nivel varietal. La adaptación varietal del Rye Grass es un factor determinante en su rendimiento, tal como lo señalan estudios realizados en ambientes templados, así como mediterráneos donde se evaluaron diferencias fisiológicas y de persistencia entre cultivares (Delgado, 1980). Estudios como los de Vargas et al. (2024) y Lemaire et al. (2008) resaltan que la productividad de *L. perenne* puede variar significativamente en función del genotipo y de las condiciones edafoclimáticas, por lo que la evaluación comparativa, entre variedades, resulta crucial para su selección eficiente. De hecho, ensayos recientes revelan que las diferencias genotípicas en la tasa de elongación de tallos, acumulación de materia seca y vigor inicial están ligadas a la interacción genotipo-ambiente, lo que justifica evaluaciones a campo en cada zona agroecológica específica (Jezequel et al., 2025). Además, análisis fenológicos realizados durante 54 años han mostrado que las fechas de emergencia espigada en *L. perenne* se han adelantado progresivamente, lo que se asocia al incremento de temperaturas y radiación solar, subrayando la importancia de considerar escenarios de cambio climático en la selección varietal (Gilliland et al., 2025).

La presente investigación se desarrolló en el distrito de Acobamba, provincia de Huancavelica, y tuvo como objetivo comparar el rendimiento forrajero y la adaptabilidad

agronómica de dos variedades de *Lolium perenne* L. (Tama y Wester) bajo condiciones altoandinas. Para ello, se evaluaron parámetros clave como el número de plantas emergidas, la longitud de planta, el peso fresco, el contenido de materia seca, las características radicales (longitud y peso de raíz), y el número de macollos, en dos cortes realizados a los 60 y 105 días después de la siembra.

Las preguntas que orientan esta investigación son: ¿existen diferencias significativas en el rendimiento y comportamiento agronómico entre las variedades evaluadas?, ¿cuál muestra mejor capacidad de establecimiento y persistencia?, y ¿qué variedad presenta mayor eficiencia en la producción de biomasa bajo las condiciones específicas de Acobamba?

Por ello, los hallazgos de esta investigación permitirán identificar el cultivar de *Lolium perenne* L. con mejor desempeño agronómico integral en condiciones altoandinas, proporcionando evidencia empírica que respalde decisiones en programas de mejoramiento forrajero y estrategias de adaptación varietal, especialmente en zonas donde la disponibilidad de alimento para el ganado continúa siendo limitada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de investigación

El presente estudio es de tipo cuantitativo, experimental y de nivel explicativo, ya que se evaluó el efecto de dos variedades de *Lolium perenne* L. sobre variables agronómicas mediante manipulación controlada bajo condiciones de campo.

Ubicación del experimento

El estudio se llevó a cabo en el distrito de Acobamba, provincia de Acobamba, región Huancavelica, Perú, a una altitud aproximada de 3,560 m. s. n. m. El clima de la zona se caracteriza por presentar temperaturas medias anuales entre 8 y 14 °C, alta radiación solar, y precipitaciones concentradas entre los meses de noviembre y abril. El suelo predominante es de tipo franco arcilloso,

moderadamente ácido, con limitaciones de fertilidad natural y buen drenaje.

Material vegetal

Se utilizaron dos variedades comerciales de *Lolium perenne* L. (Rye Grass): **Tama**, variedad de ciclo intermedio con alta densidad de macollos; **Wester**, variedad de ciclo intermedio-largo con vigor inicial y elevado potencial de biomasa.

Diseño experimental

Se empleó un **diseño completamente al azar (DCA)** con dos tratamientos (variedades) y tres repeticiones. Cada unidad experimental consistió en un área de 2 m² (2 m × 1 m), sembrada manualmente con semilla pura viable, a una densidad de siembra de 3-4 g/m².

Manejo agronómico

Las parcelas fueron establecidas en campo previamente preparado manualmente. La fertilización de fondo se aplicó fosfato diamónico (DAP) a razón de 100 kg/ha al momento de la siembra. El riego es de lluvia estacional, y se realizó un control manual de malezas. No se aplicaron fertilizantes en cobertura ni tratamientos fitosanitarios.

Variables evaluadas

Las mediciones se realizaron a los 60 y 105 días después de la siembra, evaluándose las siguientes variables: Número de plantas establecidas (plantas/ 0.5m²), Longitud de planta (m), Peso fresco de biomasa aérea (g/0.5m²), Contenido de materia seca (g/0.5m²), Número de macollos por planta (evaluado a los 105 días), Longitud de raíz (cm) y peso de raíz (g) (a los 105 días). La materia seca se determinó mediante secado en estufa a 65 °C hasta peso constante.

Análisis estadístico

Se aplicó la prueba t de Student para comparación de medias entre dos muestras independientes, considerando un nivel de

significancia de $\alpha = 0.05$. Se asumió homogeneidad de varianzas entre tratamientos. Para cada variable, se calcularon: media, desviación estándar, error estándar, valor t, grados de libertad, valor p e intervalo de confianza del 95 % para la diferencia de medias. Los datos fueron procesados con el software Minitab v19.

Método de análisis estadístico

μ_1 : media de Peso fresco 60 días cuando Tratamiento = Rye Grass Tama
 μ_2 : media de Peso fresco 60 días cuando Tratamiento = Rye Grass Wester
Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

Se presupuso igualdad de varianzas para este análisis

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

RESULTADOS

Número de plantas evaluadas por 0.5 m² a los 60 y 105 días

Tabla 1. Estadísticos descriptivos: número de plantas a los 60 y 105 días/0.5 m²

Tratamiento	N	60 días/0.5 m ²			105 días/0.5 m ²		
		\bar{x}	σ	σ_x	\bar{x}	σ	σ_x
Rye Grass Tama	3	29.6 7	4.0 4	2. 3	30.3 3	3.7 9	2. 2
Rye Grass Wester	3	43.0 0	6.0 0	3. 5	45.6 7	7.6 4	4. 4

σ = Desviación estándar

σ_x = Error estándar de la media

\bar{x} = media

Tabla 2. Estimación de la diferencia de plantas evaluadas a los 60 y 105 días/0.5 m²

60 días/0.5 m ²			105 días/0.5 m ²		
d	σ_a	IC	D	σ_a	IC
-13.33	5.12	(-24.93; -1.74)	- 15.33	6.03	(-29.00; - 1.67)

IC= IC de 95 % para la diferencia

σ_a = Desviación estándar agrupada

d= diferencia

Tabla 3. Prueba de t de Student para dos muestras independientes

Valor T	GL	Valor p	Valor T	GL	Valor p
-3.19	4	0.033	-3.12	4	0.036

Se realizó un análisis comparativo del número de plantas emergidas a los 60 y 105 días entre dos variedades de *Lolium perenne* L. (Rye Grass), Tama y Wester, mediante una prueba t para muestras independientes, bajo el supuesto de igualdad de varianzas.

Los resultados a los 60 días indicaron que la variedad Wester presentó una mayor densidad de plantas (43.00) en comparación con Tama (29.67), con una diferencia promedio de -13.33 plantas. Esta diferencia resultó estadísticamente significativa (valor p = 0.033), como lo demuestra el intervalo de confianza del 95 % para la diferencia de medias, el cual no incluye el valor cero (-24.93; -1.74).

Los resultados a los 105 días mostraron que la variedad Wester presentó un mayor número promedio de plantas establecidas (45.67) en comparación con Tama (30.33), con una diferencia significativa de -15.33 plantas. Esta diferencia fue estadísticamente significativa (valor p = 0.036), y el intervalo de confianza del 95 % para la diferencia de medias no incluyó el valor cero (-29.00; -1.67), lo que respalda la existencia de un efecto varietal real.

Estos hallazgos sugieren que el número de plantas de Rye Grass Wester a los 60 días posee una mejor capacidad de establecimiento inicial bajo las condiciones evaluadas, lo cual representa una ventaja agronómica importante en sistemas forrajeros, ya que una mayor densidad de plantas contribuye a una cobertura más eficiente del suelo, mejor competencia con malezas y mayor potencial productivo. En función de estos resultados, se recomienda considerar la inclusión de la variedad Wester en estrategias de implantación de pasturas, así como validar este comportamiento en distintos ambientes y manejos agronómicos para confirmar su estabilidad y adaptabilidad.

El número de plantas de Rye Grass Wester a los 105 días posee una mayor capacidad de persistencia y establecimiento en campo a lo largo del ciclo, lo cual representa una ventaja

agronómica en sistemas forrajeros donde se prioriza una alta densidad vegetal, tanto para asegurar cobertura efectiva del suelo como para favorecer la competitividad del cultivo frente a malezas.

Longitud de planta evaluadas por 0.5 m² a los 60 y 105 días

Tabla 4. Estadísticos descriptivos: longitud de plantas a los 60 y 105 días

Tratamiento	N	Longitud de planta 60 días			Longitud de planta 105 días		
		\bar{x}	σ	σ_x	\bar{x}	σ	σ_x
Rye Grass	3	0.43	0.04	0.02	0.62	0.05	0.03
Tama		2	13	4	6	16	0
Rye Grass	3	0.51	0.06	0.03	0.89	0.04	0.02
Wester		4	24	6	6	39	5

σ = Desviación estándar

σ_x = Error estándar de la media

\bar{x} = media

Tabla 5. Diferencia longitudinal de planta evaluadas a los 60 y 105 días/0.5 m²

Longitud de planta 60 días			Longitud de planta 105 días		
d	σ_a	IC	d	σ_a	IC
-0.0820	0.053	(-0.202; 0.038)	-0.273	0.0479	(-0.381; -0.164)

IC= IC de 95 % para la diferencia

σ_a = Desviación estándar agrupada

d= diferencia

Tabla 6. Prueba de t de Student para dos muestras independientes de longitudinal de planta evaluadas por 0.5 m² a los 60 y 105 días

Longitud de planta 60 días			Longitud de planta 105 días		
Valor T	GL	Valor p	Valor T	GL	Valor p
-1.90	4	0.131	-6.99	4	0.002

Se realizó un análisis estadístico comparativo de la longitud de planta a los 60 y 105 días entre dos variedades de *Lolium perenne* L. (Rye Grass), Tama y Wester,

Tratamiento	60 días				105 días			
	N	\bar{x}	σ	σ_x	N	\bar{x}	σ	σ_x
Rye Grass Tama	3	620	119	69	1653	142	82	
Rye Grass Wester	3	983	362	209	2803	352	203	

mediante una prueba t para muestras independientes bajo el supuesto de igualdad de varianzas.

A los 60 días, la variedad Wester presentó una mayor longitud promedio (0.5140 m) en comparación con Tama (0.4320 m), con una

diferencia estimada de -0.0820 m. No obstante, dicha diferencia no fue estadísticamente significativa (valor p = 0.131), como lo confirma el intervalo de confianza del 95 % para la diferencia de medias, el cual incluye el valor cero (-0.2020; 0.0380).

A los 105 días la variedad Wester presentó una longitud promedio significativamente superior (0.8960 m) en comparación con Tama (0.6227 m), con una diferencia de -0.2733 m. Esta diferencia fue estadísticamente significativa (valor p = 0.002), y el intervalo de confianza del 95 % para la diferencia de medias no incluyó el valor cero (-0.3819; -0.1647), lo que respalda de forma robusta el efecto varietal.

A pesar de esta falta de significancia a los 60 días, con respecto a la longitud de la planta, se observa una tendencia favorable hacia Wester en términos de desarrollo vegetativo temprano. La longitud de planta es un atributo morfofisiológico relevante para el aprovechamiento forrajero, ya que influye en la arquitectura de la cobertura, la captación lumínica y el rendimiento potencial.

La diferencia significativa a los 105 días, con respecto a la longitud de planta, indica un mayor desarrollo vegetativo en Rye Grass Wester, lo cual podría estar asociado a una mayor capacidad de interceptación lumínica, mayor área foliar funcional y un crecimiento más sostenido en el tiempo. Estos resultados posicionan a Wester como una variedad con mayor potencial fisiológico, apta para sistemas forrajeros que priorizan volumen aéreo y biomasa acumulada. El crecimiento en longitud es un factor clave en la eficiencia del aprovechamiento de la radiación y en la competencia interespecífica en pasturas perennes.

Peso fresco de planta evaluadas por 0.5 m² a los 60 y 105 días

Tabla 7. Peso fresco de plantas a los 60 y 105 días

σ = Desviación estándar

σ_x = Error estándar de la media

\bar{x} = media

Tabla 8. Estimación de la diferencia Peso fresco a los 60 y 105 días

60 días			105 días		
d	σ_a	IC	D	σ_a	IC
-363	269	(-974; 247)	-1150	268	(-1758; -541)

IC= IC de 95 % para la diferencia
 σ_a = Desviación estándar agrupada
d= diferencia

Tabla 9. Prueba t de Student de Peso fresco a los 60 y 105 días

A los 60 días			A los 105 días		
Valor T	GL	Valor p	Valor T	GL	Valor p
-1.65	4	0.174	-5.25	4	0.006

Se llevó a cabo un análisis comparativo del peso fresco a los 60 y 105 días entre dos variedades de *Lolium perenne* L. (Rye Grass), Tama y Wester, mediante una prueba t para muestras independientes, asumiendo igualdad de varianzas.

A los 60 días, la variedad Wester presentó un mayor promedio de peso fresco (983 g) en comparación con Tama (620 g), con una diferencia estimada de -363 g. No obstante, esta diferencia no fue estadísticamente significativa (valor p = 0.174), como lo confirma el intervalo de confianza del 95 % para la diferencia de medias, el cual incluye el valor cero (-974; 247). La elevada desviación estándar registrada en Wester (362 g) indica una alta variabilidad entre repeticiones.

A los 105 días, la variedad Wester, presentó una producción de biomasa fresca significativamente mayor (2803 g) en comparación con Tama (1653 g), con una diferencia promedio de -1150 g. Esta diferencia fue altamente significativa desde el punto de vista estadístico (valor p = 0.006), y el intervalo de confianza del 95 % para la diferencia de medias no incluyó el valor cero (-1758; -541), lo que indica un efecto varietal claramente definido.

A pesar de la falta de significancia del peso fresco a los 60 días, el mayor rendimiento observado en la variedad Wester sugiere un posible comportamiento superior bajo las condiciones evaluadas. Por lo tanto, se recomienda ampliar el número de repeticiones y replicar el estudio en distintos ambientes agroecológicos para validar esta tendencia, así como fortalecer los criterios de selección varietal en programas de mejoramiento forrajero.

Rye Grass Wester a los 105 días posee un crecimiento más vigoroso o sostenido a lo largo del ciclo, lo que representa una ventaja agronómica importante para sistemas de producción forrajera orientados a cortes prolongados o a maximizar el rendimiento por unidad de superficie. Este comportamiento, también, ha sido descrito en otras investigaciones, donde el peso por tallo de *Lolium perenne* L. mostró mayor variación estacional, siendo más elevado en otoño y decreciendo en verano, posiblemente, por la temperatura y el manejo del forraje (Mendoza-Pedroza et al., 2019). En función de estos resultados, se recomienda su incorporación en programas de manejo y mejoramiento, así como la validación de su desempeño en distintos ambientes y condiciones de manejo.

Materia seca a los 60 y 105 días

Tabla 10. Estadísticos descriptivos: materia seca 60 días

Tratamiento	60 días			105 días		
	N	\bar{x}	σ	σ_x	\bar{x}	σ σ_x
Rye Grass Tama	3	63.5	11.5	6.6	178.2	31.1
Rye Grass Wester	3	112.9	32.9	19	385.7	50.4

σ = Desviación estándar
 σ_x = Error estándar de la media
 \bar{x} = media

Tabla 11. Estimación de la diferencia

60 días			105 días		
d	σ_a	IC	d	σ_a	IC
-49.3	24.6	(-105.2; 6.5)	-207.5	41.9	(-302.4; -112.5)

IC= IC de 95 % para la diferencia
 σ_a = Desviación estándar agrupada
d= diferencia

Tabla 12. Prueba de t de Student para dos muestras independientes

60 días			105 días		
Valor T	GL	Valor p	Valor T	GL	Valor p
-2.45	4	0.070	-6.07	4	0.004

Se realizó un análisis comparativo del contenido de materia seca a los 60 y 105 días entre dos variedades de *Lolium perenne* L. (Rye Grass), Tama y Wester, mediante una prueba t para muestras independientes, asumiendo igualdad de varianzas.

La variedad Wester, a los 60 días, presentó mayor promedio de materia seca (112.9 g) en comparación con Tama (63.5 g), con una diferencia estimada de -49.3 g. Si bien esta diferencia no alcanzó significancia estadística al nivel del 5 % (valor $p = 0.070$), el resultado sugiere una tendencia marcada hacia una mayor acumulación de biomasa en Wester, lo que se ve reforzado por el valor p , cercano al umbral crítico y por la magnitud de la diferencia. El intervalo de confianza del 95 % para la diferencia de medias incluye el valor cero (-105.2; 6.5), lo que limita la capacidad de afirmar diferencias concluyentes, especialmente en Wester.

La variedad Wester presentó un contenido promedio de materia seca significativamente superior (385.7 g) en comparación con Tama (178.2 g), con una diferencia de -207.5 g. Esta diferencia fue altamente significativa desde el punto de vista estadístico (valor $p = 0.004$), respaldada por un intervalo de confianza del 95 %, que no incluye el valor cero (-302.4; -112.5), lo que confirma la existencia de un efecto varietal real.

Estos resultados preliminares a los 60 días indican que Rye Grass Wester podría ofrecer un mayor rendimiento en términos de producción de materia seca, por lo que se recomienda continuar su evaluación con mayor número de repeticiones y en diferentes condiciones ambientales, a fin de validar su desempeño de manera robusta.

A los 105 días, Rye Grass Wester tiene un mayor potencial de rendimiento forrajero en términos de materia seca, lo cual es fundamental para mejorar la eficiencia en la alimentación animal y la producción de biomasa destinada a pastoreo o conservación.

Longitud de raíz (cm) a los 105 días

Tabla 13. Estadísticos descriptivos: longitud de raíz (cm) 105 días

Tratamiento	N	Longitud raíz m.			Peso raíz g.			N.º de ahijamiento		
		\bar{x}	σ	σ_x	\bar{x}	σ	σ_x	\bar{x}	σ	σ_x
Rye Grass Tama	3	0.18	0.008	0.004	27.4	4.8	2.8	42.8	8	4.6
Rye Grass Wester	3	0.16	0.02	0.01	26.7	9.2	5.3	33.6	5.8	3.4

σ = Desviación estándar
 σ_x = Error estándar de la media
 \bar{x} = media

Tabla 14. Estimación de la diferencia de longitud de raíz, peso de raíz, n.º de ahijamiento a los 105 días

Longitud raíz m.			Peso raíz g			N.º de ahijamiento		
d	σ_a	IC	d	σ_a	IC	d	σ_a	IC
0.03	0.021	(-0.02; 0.07)	0.61	7.36	(-16.08; 17.30)	9.78	7.03	(-6.15; 25.70)

IC= IC de 95 % para la diferencia
 σ_a = Desviación estándar agrupada
d= diferencia

Tabla 15. Prueba de t de Student para dos muestras independientes de longitud de raíz, peso de raíz, n.º de ahijamiento a los 105 días

Longitud raíz m.			Peso raíz g			N.º de ahijamiento		
Valor T	GL	Valor p	Valor T	GL	Valor p	Valor T	GL	Valor p
1.53	4	0.200	0.10	4	0.924	1.70	4	0.163

Se realizó un análisis estadístico comparativo de la longitud de raíz, peso de raíz y ahijamiento a los 105 días entre dos variedades de *Lolium perenne* L. (Rye Grass), Tama y Wester, mediante una prueba t para muestras independientes bajo el supuesto de igualdad de varianzas.

La variedad Tama presentó una mayor longitud promedio de raíz (0.18444 cm) en comparación con Wester (0.15780 cm), con una diferencia estimada de 0.0267 cm. Sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa (valor $p = 0.200$), y el intervalo de confianza del 95 % para la diferencia de medias incluyó el valor cero (-0.0216; 0.0750), lo que indica la ausencia de un efecto varietal claro.

El peso radicular a los 105 días, ambas variedades presentaron valores promedio similares (27.23 g para Tama y 26.62 g para Wester), con una diferencia estimada de apenas 0.61 g. Esta diferencia no fue estadísticamente significativa (valor $p = 0.924$), y el intervalo de confianza del 95 % para la diferencia de medias incluyó el valor cero (-16.08; 17.30), lo que confirma la ausencia de un efecto varietal claro en este parámetro.

La variedad Tama presentó un mayor número promedio de ahijamiento (42.78) en comparación con Wester (33.00), con una diferencia estimada de 9.78 macollos por

planta. Sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa (valor $p = 0.163$), como indica, también, el intervalo de confianza del 95 % para la diferencia de medias, que incluyó el valor cero (-6.15; 25.70).

A los 105 días de la siembra, la longitud de raíz no mostró diferencias significativas. Este parámetro sigue siendo relevante por su implicancia en la exploración del perfil del suelo, la eficiencia en la absorción de nutrientes y la tolerancia al estrés hídrico. Por lo tanto, se sugiere ampliar este tipo de evaluaciones con un mayor tamaño muestral y considerar, además, otros aspectos de la arquitectura radicular, como la profundidad, ramificación y densidad de raíces.

El peso radicular a los 105 días sugiere que ambas variedades mantienen un desarrollo radicular semejante en esta etapa fenológica, lo cual podría implicar una similar eficiencia en la absorción de agua y nutrientes. No obstante, se recomienda complementar este tipo de análisis con evaluaciones más específicas sobre la arquitectura del sistema radicular y su funcionalidad, dado que la biomasa por sí sola no siempre refleja adecuadamente la capacidad de exploración del suelo.

El número de ahijamiento es un atributo relevante, ya que influye directamente en la densidad del forraje, la persistencia de la pastura y la capacidad de rebrote. Aunque los resultados no permiten establecer conclusiones definitivas, la tendencia observada a favor de Rye Grass Tama en comparación con Wester, sugiere un posible comportamiento superior en capacidad de ahijamiento. Este es uno de los principales criterios para la selección de gramíneas perennes con alto potencial productivo; por ello, se tiene que seguir evaluando el tercer cuarto corte. En ese sentido, Flores-Santiago et al. (2018) destacan que el comportamiento del ahijamiento varía estacionalmente y está influenciado por la proporción de especies en las asociaciones forrajeras, siendo un factor determinante en la estabilidad y productividad del pasto bajo condiciones de manejo con pastoreo.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran un comportamiento diferencial entre las variedades *Lolium perenne* L., var. Tama y var. Wester, bajo condiciones agroclimáticas altoandinas, siendo Wester la que presentó un mejor desempeño integral en la mayoría de variables evaluadas. Estas diferencias se evidenciaron de forma significativa a los 105 días de evaluación, especialmente en peso fresco, contenido de materia seca y longitud de planta, lo cual concuerda con lo señalado por Wilkins y Humphreys (2003), quienes destacan que los genotipos de *L. perenne* pueden mostrar respuestas fisiológicas y agronómicas diferenciadas según su grado de adaptación genética al ambiente.

En términos de establecimiento, Wester mostró un mayor número de plantas emergidas a los 60 y 105 días, lo que sugiere una mayor eficiencia en la germinación y vigor de plántula. Este rasgo es esencial en ecosistemas altoandinos, donde factores como la baja temperatura, alta radiación UV y suelos con limitaciones físicas pueden afectar negativamente la implantación de forrajes (Lemaire et al., 2008). Este comportamiento inicial de Wester puede traducirse en ventajas como mayor cobertura vegetal, control de malezas y mayor persistencia de la pastura.

El mayor peso fresco y contenido de materia seca registrados en Wester a los 105 días evidencian un crecimiento más sostenido, lo cual representa una ventaja en sistemas forrajeros que priorizan cortes escalonados o reservas. Estudios como los de Silveira et al. (2020) y Delgado (1980) han reportado que ciertas variedades presentan un crecimiento prolongado y picos de acumulación de biomasa tardíos, lo cual se alinea con lo observado en Wester. Adicionalmente, el mayor desarrollo foliar en Wester indica un crecimiento robusto, condición favorable para mejorar la intercepción lumínica y eficiencia fotosintética (Jezequel et al., 2025).

En cuanto al sistema radicular, aunque no se encontraron diferencias significativas en peso ni longitud, investigaciones como las de

Fan et al. (2021) y Cao et al. (2025) resaltan la importancia de evaluar otros atributos como ramificación, profundidad y resistencia al arranque. Estos aspectos pueden determinar el éxito de la especie en ambientes de altura, especialmente, ante eventos de estrés hídrico o erosión. Asimismo, investigaciones recientes subrayan que la eficiencia del sistema radicular no solo depende de su biomasa, sino también de su capacidad funcional para la absorción de nutrientes, lo cual está influenciado por asociaciones microbianas y características anatómicas finas (Stakelienė et al., 2025).

Respecto al número de macollos, aunque Tama mostró valores ligeramente superiores, no se observaron diferencias significativas. Esta tendencia puede indicar una mayor capacidad de ahijamiento, que, según Mendoza-Pedroza et al. (2019) y Flores-Santiago et al. (2018), está asociada a la persistencia del cultivo y a su capacidad de rebrote. Sin embargo, esta ventaja estructural no se tradujo en mayor biomasa, lo que sugiere que el ahijamiento debe ir acompañado de un desarrollo fisiológico eficaz (Fulkerson & Slack, 1994).

Además, diversos estudios resaltan que el comportamiento productivo de *Lolium perenne* L. está condicionado por la interacción genotipo-ambiente, siendo crucial validar cada cultivar en función de las condiciones específicas del ecosistema en que se pretende establecer (Guo et al., 2025). De manera complementaria, se ha demostrado que el rendimiento de *L. perenne* puede verse potenciado por su asociación con microorganismos benéficos como bacterias degradadoras de contaminantes (Yin et al., 2025) u hongos promotores de crecimiento como *Trichoderma asperellum* (Wen et al., 2025), los cuales no fueron considerados en esta investigación, pero representan un campo prometedor para futuras evaluaciones integradas.

En conjunto, los resultados respaldan el uso de la variedad Wester para condiciones altoandinas, confirmando su potencial productivo y adaptativo. Se recomienda continuar con estudios multianuales, bajo diferentes condiciones de manejo (frecuencia de corte, fertilización, asociación con

leguminosas), a fin de validar su desempeño y generar recomendaciones técnicas robustas para sistemas ganaderos de altura.

CONCLUSIONES

Establecimiento y persistencia

La variedad Rye Grass Wester presentó un mayor número de plantas emergidas tanto a los 60 como a los 105 días después de la siembra, con diferencias estadísticamente significativas respecto a Tama. Esto indica una mejor capacidad de establecimiento y persistencia en campo, lo cual constituye una ventaja agronómica fundamental en sistemas de pasturas altoandinas.

Desarrollo morfológico

A los 105 días, Wester mostró una longitud de planta significativamente superior en comparación con Tama, reflejando un crecimiento vegetativo más vigoroso. Esta característica favorece una mayor cobertura foliar y eficiencia en la captura de luz, elementos clave para el rendimiento forrajero total.

Producción de biomasa

El análisis del peso fresco y de materia seca evidenció un desempeño productivo significativamente superior en Wester a los 105 días, con diferencias altamente significativas respecto a Tama. A los 60 días, aunque las diferencias no fueron significativas, se observó una clara tendencia a favor de Wester, lo que sugiere un patrón de crecimiento sostenido en el tiempo.

Sistema radicular

No se encontraron diferencias significativas entre las variedades en cuanto a longitud ni peso de raíz a los 105 días, lo que sugiere un comportamiento radicular similar en esta etapa fenológica. Sin embargo, se recomienda profundizar en estudios sobre arquitectura radicular y eficiencia fisiológica, dada la importancia de

estas variables en la adaptación a suelos de altura.

Macollamiento

Aunque no fue estadísticamente significativa, la variedad Tama presentó un mayor número promedio de macollos que Wester a los 105 días. Esta tendencia podría ser relevante para estrategias de manejo que prioricen la persistencia y el rebrote, por lo que se recomienda continuar la evaluación en cortes posteriores.

Variedad recomendada

En función de los resultados obtenidos, se concluye que la variedad Rye Grass Wester presenta mejor desempeño integral en condiciones altoandinas, destacando en establecimiento, crecimiento aéreo y rendimiento de biomasa. Se recomienda su uso en programas de siembra de pasturas permanentes o rotativas en zonas similares a Acobamba, Huancavelica.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

- Cao, Y., Su, X., Zhou, Z., Liu, J., Chen, M., Wang, N., ... & Liu, F. (2025). *Effects of root traits on shear performance of root-soil complex and soil reinforcement in the Loess Plateau*. *Soil & Tillage Research*, 252, 106625. <https://doi.org/10.1016/j.still.2025.106625>
- Delgado Enquita, I. (1980). Características fisiológicas y agronómicas del ray-grass Westerwold en el Valle Medio del Ebro. *Pastos*, (10), 72-84.
- Fan, C.-C., Lu, J. Z., & Chen, H. H. (2021). *The pullout resistance of plant roots in the field at different soil water conditions and root geometries*. *Catena*, 207, 105593. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105593>
- Flores-Santiago, E. J., Guerrero-Rodríguez, J. D., Cadena-Villegas, S., Alejos-de la Fuente, J. I., Mendoza-Pedroza, S. I., Luna-Guerrero, M. J., Peña-Aguilar, M. A., & Hernández-Garay, A. (2018). Dinámica de tallos de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.), solo y asociado con *Lolium perenne* L. y *Trifolium repens* L. *Agroproductividad*, 11(5), 10-17.
- Fulkerson, W. J., & Slack, K. (1994). Leaf number as a determinant of pasture regrowth and quality in ryegrass. *Australian Journal of Agricultural Research*, 45(1), 183-198. <https://doi.org/10.1071/AR9940183>
- Gilliland, T. J., Barrett, P. D., & O'Donovan, M. (2002). The evaluation of perennial ryegrass cultivars across Ireland and the UK: A progress report. *Irish Grassland and Animal Production Association*, 36, 89-100.
- Gilliland, T. J., Black, L., Watson, S., Widdowson, J., & Gauley, A. (2025). *Fifty-four years of ryegrass ear phenology reveals climate change responses*. *Field Crops Research*, 327, 109893. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2025.109893>
- Ghestem, M., Veylon, G., Bernard, A., Danjon, F., & Stokes, A. (2014). Influencia de la morfología del sistema radicular y las características arquitectónicas de las plantas en la resistencia al corte del suelo. *Plant and Soil*, 377(1-2), 43-61. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1572-1>
- Guo, T., Niu, T., Kuka, K., & Tippkötter, N. (2025). Optimizing silage efficiency: The role of ryegrass varieties, harvest time, and additives in enhancing perennial ryegrass (*Lolium perenne*) fermentation. *Fermentation*, 11(192). <https://doi.org/10.3390/fermentation11040192>
- Jezequel, A., Delaby, L., McKay, Z. C., Tobin, J. T., & Horan, B. H. (2025). *Dry matter intake and production efficiencies of dairy cows rotationally grazing a perennial ryegrass monoculture, a perennial*

- ryegrass-white clover sward, or a multispecies sward. *Journal of Dairy Science*, 108(5), 5027-5038. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25837>
- Lemaire, G., Hodgson, J., & de Moraes, A. (2008). Grassland productivity and ecosystem services. *Agronomy for Sustainable Development*, 28(2), 231-240. <https://doi.org/10.1051/agro:2008004>
- Lu, X., Chen, X., Vancov, T., Zhu, F., Zhu, W., Hong, L., ... & Hong, C. (2025). Combined remediation effect of ryegrass-earthworm on heavy metal composite contaminated soil. *Journal of Hazardous Materials*, 494, 138477. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.138477>
- Mendoza-Pedroza, S. I., Maldonado-Peralta, M. Á., Rojas-García, A. R., Cruz-Hernández, A., Torres-Salado, N., & Vaquera-Huerta, H. (2019). Ahijamiento de *Lolium perenne* L. asociado con *Dactylis glomerata* L. y *Trifolium repens* L. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(16), 57-64. <https://doi.org/10.19136/era.a6n16.1392>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. (2021). *Pastos y forrajes del Ecuador: Guía técnica para la selección de especies*. Quito, Ecuador.
- Pastos y Forrajes del Ecuador. (2021). *Boletín técnico sobre especies forrajeras andinas*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- Reubens, B., Poesen, J., Danjon, F., Geudens, G., & Muys, B. (2007). The role of fine and coarse roots in shallow slope stability and soil erosion control with a focus on root system architecture: A review. *Trees*, 21, 385-402. <https://doi.org/10.1007/s00468-007-0132-4>
- Silveira, M. C. T., Ferreira, L. L., & Oliveira, C. A. (2020). Produtividade de matéria seca e qualidade bromatológica de genótipos de ryegrass. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 49, e20190220.
- Stakelienė, V., Pašakinskienė, I., Matijošiūtė, S., Martūnas, J., & Štukėnienė, G. (2025). Identifying root-associated endophytic fungi and bacteria in *Festuca* and *Lolium* grasses from a site in Lithuania. *Microorganisms*, 13(799). <https://doi.org/10.3390/microorganisms13040799>
- Vargas, F., Castillo, L., & Rivas, M. (2024). Evaluación de cultivares de raigrás bajo diferentes altitudes en la región andina. *Revista Agroandina*, 10(1), 45-54.
- Wen, X., Qi, H., Niu, Q., Tang, R., & Yin, S. (2025). *Trichoderma asperellum* 152-42 enhances growth of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) by modulation of plant hormones and carbon-nitrogen metabolism. *Scientia Horticulturae*, 345, 114138. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2025.114138>
- Wilkins, P. W., & Humphreys, M. O. (2003). Progress in breeding perennial forage grasses for temperate agriculture. *Journal of Agricultural Science*, 140(2), 129-150. <https://doi.org/10.1017/S0021859603003093>
- Yin, M., Li, P., Chen, C., Jia, R., Xia, B., Liu, Y., ... & Li, Z.-H. (2025). Bioremediation potential of sulfadiazine-degrading bacteria: Impacts on ryegrass growth and soil functionality. *Journal of Hazardous Materials*, 491, 138012. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.138012>

Control biológico de queresas (*Fiorinia fiorinae* Targioni Tozzetti) en cultivo de palto en el valle interandino de Llacce, provincia de Acobamba

Biological Control of Queresas (*Fiorinia fiorinae* Targioni Tozzetti) in Avocado Crops in the Inter-Andean Valley of Llacce, Province of Acobamba

Rodolfo Leon-Gomez¹, Julián Leonardo Mantari-Mallqui¹, Marino Bautista-Vargas¹,
Walter Augusto Mateu Mateu², David Ruiz-Vilchez¹

¹Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú

²Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú

Autor de correspondencia:

Rodolfo Leon-Gomez 

Historial del artículo:

Recibido el 28 de marzo de 2025 | Aceptado el 10 de mayo de 2025 | Publicado el 20 de junio de 2025

RESUMEN

El mercado de frutas exige el incremento de la producción de palta (*Persea americana* Mill) de buena calidad, con menor impacto ambiental y mínimo uso de productos químicos. Por ello, se determinó la dosis efectiva del hongo nativo, formulación adecuada como bioinsecticida para el control de queresas (*Fiorinia fiorinae* Targioni Tozzetti) en el cultivo de palta. La investigación fue realizada de abril a diciembre de 2022 en una finca de la Comunidad Campesina de Llacce, distrito y provincia de Acobamba departamento de Huancavelica. Se estableció (DBCA) con medias repetidas en el tiempo con seis tratamientos y seis réplicas por tratamiento. Para cada réplica, se tomaron semanalmente datos de treinta y seis repeticiones del cultivo de palta, desde los 30 hasta los 180 días después de la inducción floral. Los tratamientos fueron (*Beauveria bassiana* nativo) y (*Metarhizium anisopliae* nativo), los tratamientos que incidieron en mayor porcentaje en prevenir las queresas fue T3 (*Beauveria bassiana* nativo) 250 mg al 30 % seguido por T4 (*Metarhizium anisopliae* nativo) 200 mg al 25 % de igual manera seguido por T6 (*Metarhizium anisopliae* nativo) 200 mg al 25 % y la incidencia menor fue T5 (*Metarhizium anisopliae* nativo) 150 mg al 10 % Mientras la incidencia más baja fue T2 (*Beauveria bassiana* nativo) 100 mg al 5 % de igual manera el T1 (*Beauveria bassiana* nativo) de 100 mg al 5 %. Finalmente, la incidencia del hongo entomopatógeno varió entre 5 % a 10 % y 25 a 30 % en las diferentes muestras.

Palabras clave: biocontrol; incidencia; producción; calidad

ABSTRACT

The fruit market demands increased production of high-quality avocados (*Persea americana* Mill), with a lower environmental impact and minimal use of chemicals. Therefore, the effective dose of the native fungus was determined, a suitable formulation as a bioinsecticide for the control of the fungus *Fiorinia fiorinae* (Targioni Tozzetti) in avocado crops. The research was conducted from April to December 2022 on a farm in the Llacce Peasant Community, in the district and province of Acobamba, department of

Huancavelica. The (DBCA) was established with repeated averages over time, with six treatments and six replicates per treatment. For each replicate, data were collected weekly from thirty-six replicates of the avocado crop, from 30 to 180 days after flower induction. The treatments were (*Beauveria bassiana* native) and (*Metarhizium anisopliae* native). The treatments that had the highest percentage of incidence in preventing kerases were T3 (*Beauveria bassiana* native) 250 mg at 30 % followed by T4 (*Metarhizium anisopliae* native) 200 mg at 25 % likewise followed by T6 (*Metarhizium anisopliae* native) 200 mg at 25 % and the lowest incidence was T5 (*Metarhizium anisopliae* native) 150 mg at 10 % While the lowest incidence was T2 (*Beauveria bassiana* native) 100 mg at 5 % as well as T1 (*Beauveria bassiana* native) 100 mg at 5 %. Finally, the incidence of the entomopathogenic fungus varied between 5 % to 10 % and 25 to 30 % in the different samples.

Keywords: biocontrol; incidence; production; quality

INTRODUCCIÓN

Se estima que 3,9 millones de muertes en todo el mundo se atribuyen a un consumo inadecuado de frutas producidos con agroquímicos en 2017 (OMS, 2017). En cambio, se ha demostrado que una ingesta adecuada y diversificada de frutas producidas mediante el control biológico de las plagas y enfermedades como parte de una dieta saludable reduce el riesgo de algunas ENT, incluidas las enfermedades cardiovasculares (ECV), ciertos cánceres, la obesidad y la diabetes. Además, las frutas son fuentes de vitaminas y minerales, fibra dietética, así como una gran cantidad de fitoquímicos beneficiosos, como esteroides vegetales, flavonoides y otros antioxidantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la actualidad, en la comunidad de Llacce, distrito de Acobamba, provincia de Acobamba, departamento de Huancavelica, las poblaciones de plagas se incrementan estadísticamente afectando la calidad de los frutos y fueron muy reducidos la producción del cultivo de palto. Se estableció (DBCA) con medias repetidas en el tiempo con seis tratamientos y seis réplicas por tratamiento.

Procedimiento 1: recolección de los hongos mediante el uso de arroz precocido, que se envasó en recipientes plásticos de un kilo, durante un periodo de 30 días, utilizando

gasa, liga, recipiente de plástico, arroz precocido, plumón indeleble, pico, lampa y machetes.

Procedimiento 2: recolección de queresas en estadio larval obtenidas del campo de cultivo de palto, se realizó mediante la técnica de inspección con lupas y recojo manual en 06 frascos de laboratorio, con el fin de realizar la prueba de patogenicidad.

Procedimiento 3: transporte de las 06 muestras recolectadas de hongos entomopatógenos (03 de *Beauveria bassiana* nativo y 03 *Metarhizium anisopliae* nativo) y 06 muestras de queresa del campo de cultivo de palto y llevadas al laboratorio de sanidad vegetal para su consiguiente análisis que se llevó a cabo con la extracción de una pequeña muestra de los recipientes plásticos que contenían a los hongos entomopatógenos con la finalidad de observar las características como el color, forma y textura visualizados con el microscopio de enfoque 10x, intermediado por el porta objeto, que nos muestra la presencia de los hongos entomopatógenos como la *Beauveria bassiana* nativo y *Metarhizium anisopliae* nativo.

Procedimiento 4: preparación de medio de cultivo PDA (Potato Dextrose Agar), utilizando los materiales como placas Petri, pinzas, bisturí, alcohol al 70 %, mechero, cinta parafilm, y gasa y liga. Cada placa Petri tenía su nombre y peso por tratamiento (como *Beauveria bassiana* nativo con un peso de 250, 200 y 200 mg, y *Metarhizium anisopliae* nativo con un peso de 150, 100 y 100 mg.)

Procedimiento 5: identificación de los hongos entomopatógenos mediante el microscopio electrónico de 10X y porta objetos.

Procedimiento 6: propagación de los hongos entomopatógenos mediante el uso del horno microondas.

Procedimiento 7: la purificación de las muestras con el retorno de estas al horno microondas durante 15 días, previo análisis en laboratorio con el uso del microscopio y placas petri, como en procedimiento 4. Se apreció y midió los conidióforos (2-5 μm), esporas (15 -30 μm) y micelios (3-5 μm).

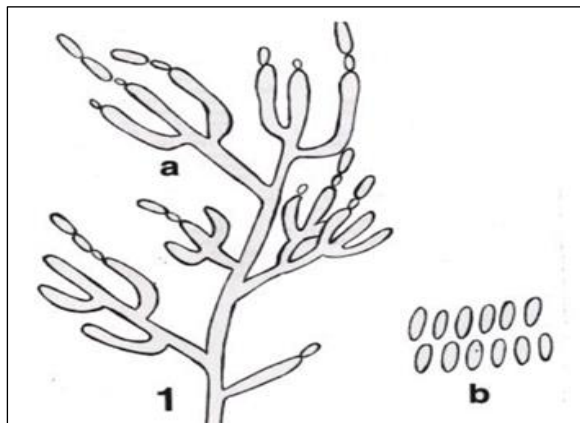


Figura 1. Estructura del micelio *Beauveria bassiana* nativo

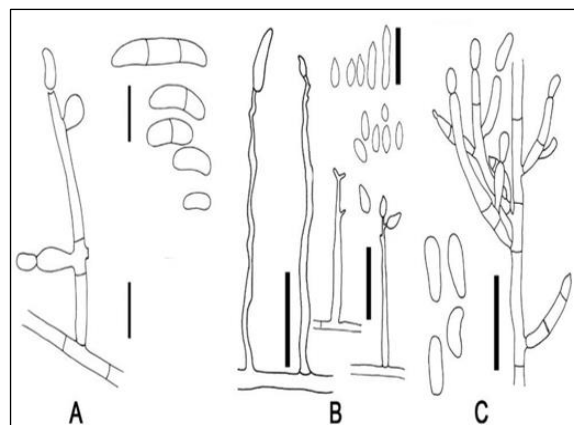


Figura 2. Conidioforos y conidios de *Metarhizium anisopliae* nativo

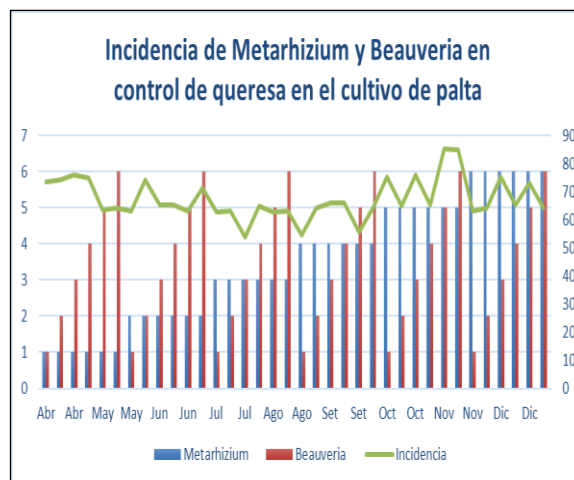


Figura 3. Incidencia de los hongos entomopatógenos nativos durante la fase de evaluación

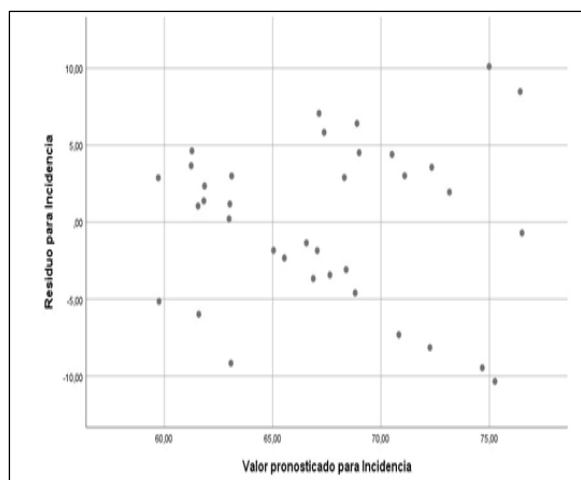


Figura 4. Diagrama de dispersión (bivar)

Tabla 1. Descripción de los tratamientos evaluados en la incidencia biológica del bioinsecticida, *Beauveria bassiana* nativo, *Metarhizium anisopliae* nativo para prevenir las queresas en el cultivo de palta

Tratamiento	Producto	Dosis (UFC*P)	Dosis (P.C.*P)
T1	<i>Beauveria bassiana</i> nativo	1,2 X 10 ¹¹	100 mg
T2	<i>Beauveria bassiana</i> nativo	1,2 X 10 ¹³	100 mg
T3	<i>Beauveria bassiana</i> nativo	4,0 X 10 ¹²	250 mg
T4	<i>Metarhizium anisopliae</i> nativo	8,0 X 10 ¹²	200 mg
T5	<i>Metarhizium anisopliae</i> nativo	1,2 X 10 ¹³	150 mg
T6	<i>Metarhizium anisopliae</i> nativo	1,2 X 10 ¹³	200 mg

Fuente: Leon-Gomez et al.

RESULTADOS

El resultado obtenido del control biológico con *Beauveria bassiana* nativo en cultivo de palto, se logró una reducción del 40 % de la población de Queresas en condiciones controladas, con una disminución significativa en los daños causados por la plaga.

El resultado de la incidencia con *Metarhizium anisopliae* nativo en palto, se observó una mortalidad del 60 % de Queresas cuando se aplicó en altas concentraciones durante la fase de larva.

El hongo nativo entomopatógeno actúa infectando y matando a los insectos hospedadores a través de diversos mecanismos. Estos hongos son una forma de control biológico utilizado en la agricultura para manejar plagas de manera natural. Los modos de acción representan de la siguiente manera:

Infección por contacto

Los hongos nativos entomopatógenos nativos tienen esporas (conidias o clamidosporas) que se dispersan en el ambiente. Cuando un insecto entra en contacto con estas esporas, el hongo comienza a germinar. La germinación se activa por las condiciones adecuadas de humedad y temperatura.

Penetración en el insecto

Las esporas germinadas producen estructuras llamadas hifas que penetran en el cuerpo del insecto a través de su exoesqueleto. Esta penetración ocurre generalmente por los puntos débiles del insecto, como las articulaciones o las aberturas respiratorias.

Colonización y proliferación

Una vez dentro del insecto, las hifas del hongo se expanden y colonizan sus tejidos internos. En este punto, el hongo consume los nutrientes del insecto, debilitándolo. Durante este proceso, el hongo secreta enzimas que descomponen las células del insecto, lo que provoca su muerte.

Síntomas y muerte

La infección por el hongo provoca diversos síntomas en el insecto, como parálisis, pérdida de movilidad, y cambios en el comportamiento, lo que a menudo conduce a la muerte. Esta puede ser resultado de la descomposición interna causada por el hongo, o por la incapacidad del insecto para realizar funciones básicas debido a la invasión.

Liberación de esporas

Una vez que el insecto muere, el hongo sigue desarrollándose dentro del cuerpo del insecto y produce nuevas esporas. Estas esporas pueden liberarse al ambiente, donde estarán listas para infectar nuevos insectos. Este ciclo puede repetirse, lo que permite que el hongo siga controlando la población de plagas.

DISCUSIÓN

Para cada réplica, se tomaron semanalmente datos de treinta y seis repeticiones del cultivo de palta, desde los 30 hasta los 180 días después de la inducción floral. Los tratamientos fueron (*Beauveria bassiana* nativo) y (*Metarhizium anisopliae* nativo), Los tratamientos que incidieron en mayor porcentaje en prevenir las queresas fue T3 (*Beauveria bassiana* nativo) 250 mg al 30 % seguido por T4 (*Metarhizium anisopliae* nativo) 200 mg al 25 % de igual manera seguido por T6 (*Metarhizium anisopliae* nativo) 200 mg al 25 % y la incidencia menor fue T5 (*Metarhizium anisopliae* nativo) 150 mg al 10 % Mientras la incidencia más baja fue T2 (*Beauveria bassiana* nativo) 100 mg al 5 % de igual manera el T1 (*Beauveria bassiana* nativo) de 100 mg al 5 %.

CONCLUSIONES

El control biológico representa una opción prometedora para la gestión sostenible de plagas, especialmente a medida que se incrementan las preocupaciones sobre el impacto ambiental y la salud de los productos químicos convencionales. Si bien existen retos asociados, como la necesidad de una investigación más profunda y una gestión adecuada, este enfoque sigue ganando terreno como una alternativa viable y respetuosa con el medioambiente.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado gracias al apoyo de la Unidad de Posgrado de la Universidad Nacional de Huancavelica, de igual manera, a la disponibilidad del

laboratorio de Sanidad Vegetal de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de Huancavelica. Los agradecimientos infinitos a los maestros investigadores de la Universidad Nacional de Huancavelica Perú.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

- Castrejón Antonio, J. E. (2020). *Selección de aislamientos de Beauveria bassiana para el control biológico de Xyleborus affinis vector del hongo Raffaelea lauricola, plagas potencialmente riesgosas para el cultivo de aguacate Persea americana en México.* (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León). <https://tinyurl.com/28a5xcex>
- Córdova Llanos P, H., (2015). *Ocurrencia estacional de Fiorinia fioriniae (Targioni) (Hem: Diaspididae) en palto cv. Hass, en Cañete-Perú.*
- Elguera Soto, N. C., (2019). *Biología y comportamiento de Fiorinia fioriniae Targioni Tozzetti (hemiptera: diaspididae) en palto (Persea americana Mill.) variedad Hass, bajo condiciones de laboratorio.* La Molina, Lima-Perú. <https://tinyurl.com/yc34a75w>
- Gutiérrez Ramirez, A., Robles Bermudez, A., Santillan Ortega, C., (2013). *Control biológico como herramienta sustentable en el manejo de plagas y su uso en el estado de Nayarit, México.* CONACYT. <https://doi.org/10.15741/revbio.02.03.04>
- Huamán González, R. I., & Bacilio Tacanga, D. E., (2021). *Efecto de cuatro concentraciones de Isaria fumosorosea (Wize) sobre ninfas de Fiorinia fioriniae Targioni-Tozzetti, en palto.*
- Rivas Palacios, V. M., (2020). *Efecto del Control Biológico del Hongo Beauveria bassiana Sobre El Insecto Planococcus Citri, en Condición In Vitro-Región Lambayeque.*

- Nava Pérez, E., García Gutiérrez, C., Ricardo Camacho, Jesus., (2012). Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas. *Ra Ximhai*, 8 (3), 17-29.
- Viera-Arroyo W, Fernando., Tello-Torres C. M., Martínez-Salinas A. Arturo., (2020). *Control Biológico: Una herramienta para una agricultura sustentable, un punto de vista de sus beneficios en Ecuador.*
- Vilchez García, G. K. (2019). *Evaluación y caracterización de cepas nativas de Beauveria spp. con potencial para el control de Hypothenemus hampei, colectadas de plantaciones comerciales de café.*
- Urtuzuastegui-Peña, R., Reveles-Torres, L. R., Velásquez-Valle, R., Cid-Ríos, J. Á., & Reveles-Hernández, M. (2014). Utilización experimental de Beauveria bassiana como control biológico de Circulifer tenellus: vector de fitoplasmas en el cultivo de chile. *AGROFAZ*, 14(3).



Control biológico de antracnosis (*Colletotrichum* spp.) en tres ecotipos de guanábana (*Annona muricata* L.) en condiciones de vivero en la provincia de Chanchamayo

Biological Control of Anthracnose (*Colletotrichum* spp.) in Three Ecotypes of Sourp (*Annona muricata* L.) under Nursery Conditions in the Chanchamayo Province

Yesica Yohana Hilario Román¹, Gustavo Santiago Osorio Pagán²,
Miguel Ángel Hernández Martínez³, José Miguel Sermeño Chicas³

¹Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú

²Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú

³Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador

Autor de correspondencia:

Yesica Yohana Hilario Román

Historial del artículo:

Recibido el 5 de abril de 2025 | Aceptado el 16 de mayo de 2025 | Publicado el 20 de junio de 2025

RESUMEN

La antracnosis en la guanábana (*Annona muricata* L.) es originado por el hongo del género *Colletotrichum* spp. Esta enfermedad produce pérdidas cuantiosas tanto en vivero o campo definitivo, su control, actualmente, se realiza con productos químicos, siendo tóxicos para la salud humana y el medioambiente, empleando ecotipos que presentan poca severidad e incidencia de esta enfermedad y el uso de antagonistas que mejor controlen el desarrollo de *Colletotrichum* spp, se presentan como parte de una solución del control de dicha enfermedad. En este experimento, se realizó la comparación de los resultados de tres ecotipos de *Annona muricata* L. con cuatro niveles del antagonista y considerando un tratamiento testigo absoluto. Según el análisis estadístico, el ecotipo blanco presenta poca incidencia y severidad al *Colletotrichum* spp. Y, en el antagonista, el *Trichoderma harzianum* muestra mayor efectividad en el control de *Colletotrichum* spp. Del mismo modo, en la combinación (*T. harzianum* x ecotipo amarilla) y (*T. harzianum* x ecotipo negra) muestra menor incidencia y severidad de esta enfermedad. Estos resultados evidencian el mejor control de *Colletotrichum* spp. se puede afirmar que dichos tratamientos interfieren positivamente en la fisiología del cultivo, debido a que las plantas presentaron mayor vigor dentro de este tratamiento.

Palabras clave: control biológico; antracnosis; guanábana; ecotipo; antagonista

ABSTRACT

Anthracnose in sourp (*Annona muricata* L.) is caused by the fungus of the genus *Colletotrichum* spp. This disease causes significant losses both in nursery and definitive field, its control is currently carried out with chemicals, being toxic to human health and the environment. Using ecotypes that present low severity and incidence of this disease and the use of antagonists that better control the development of *Colletotrichum* spp, are presented as part of a solution for the control of said disease. This experiment

was based on the comparison of the results of three ecotypes of *Annoma muricata* L. with four levels of the antagonist and considering an absolute control treatment. According to the statistical analysis, it reports that the white ecotype presents little incidence and severity to *Colletotrichum* spp. And the antagonist *Trichoderma harzianum* shows greater effectiveness in controlling *Colletotrichum* spp. Similarly, the combination (*T. harzianum* x yellow ecotype) and (*T. harzianum* x black ecotype) showed a lower incidence and severity of this disease. These results demonstrate improved control of *Colletotrichum* spp. It can be stated that these treatments positively interfere with crop physiology, since the plants presented greater vigor within this treatment.

Keywords: biological control; anthracnose; soursop; ecotype; antagonist

INTRODUCCIÓN

Actualmente, ha tomado gran importancia el cultivo de guanábana (*Annona muricata* L.) en la Selva Central por lo tanto se está incrementando las áreas del cultivo de guanábana teniendo un incremento del 17 %, durante el año 2015 tuvo una superficie cosechada de 229 ha en el año 2016 unos 269 ha (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [Minagri], 2017).

Todo esto se debe que se ha incrementado el consumo de este fruto tanto a nivel nacional y mundial; debido a sus propiedades de antioxidantes, antitumorales, anticancerígenas, actualmente, es utilizada para el tratamiento contra la diabetes. Y los productores de este preciado cultivo están combatiendo muchos problemas con la presencia de plagas y enfermedad tanto en la producción de campo como el de vivero, especialmente en el control de la antracnosis, siendo la enfermedad principal a nivel global (Durán, 2007).

Cuando las condiciones ambientales son óptimas para este patógeno su presencia y el nivel de daño puede causar pérdidas que llegan al 90 % de la cosecha y consecuentemente es la principal dificultad que por el momento se viene atravesando para obtener un mejor manejo de control (Arias, 2004). Los síntomas en el vivero causan manchas necróticas en el haz de las hojas de coloración marrón oscuro o color café, ocasionando pérdidas que llega hasta un 60 %, afectando directamente al productor de guanaba en sus ganancias en el aspecto económicos. Para lo cual se debe planificar y encontrar una alternativa de control mediante el uso de antagonistas y nuevos ecotipos de

este cultivo. Mediante los métodos de control se prevé una buena protección sanitaria ya que estoy no genera resistencia en plagas y/o enfermedades, de esta manera se evita la contaminación del medioambiente y aparición de enfermedades secundarias (Li et al., 2025).

Los resultados y las conclusiones de este trabajo de investigación servirán como fuente de información, para los productores, profesionales dedicados a este cultivo e investigadores y que estos serán utilizados en programas de sanidad vegetal. El presente trabajo se realizó para determinar el ecotipo, antagonista e interacción que mejor controle la antracnosis presentando una poca incidencia y severidad de este patógeno.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se ejecutó en la estación experimental de la UNDAC La Merced, ubicada en el distrito La Merced en la provincia de Chanchamayo, región Junín. Geográficamente, se encuentra ubicado en las coordenadas 11°04'30.6"S 75°20'12.4"W y una altitud 751 m s. n. m. presentando las siguientes características climáticas: temperatura promedio 25,6 °C, humedad relativa 79.80 % y con precipitación promedio 173 mm.

Material biológico

Se utilizaron dos especies de *Trichoderma*, cada una con concentraciones de $> 1.5 \times 10^{10}$ conidias/gr para la inoculación se aplicó con una dosis 200g/200 L de agua. Y para *Bacillus subtilis* 2.5×10^9

ufc/ml, fue aplicado con una dosis de 5 L /cilindro 200 L. Como material vegetal, se utilizaron los tres ecotipos de guanábana.

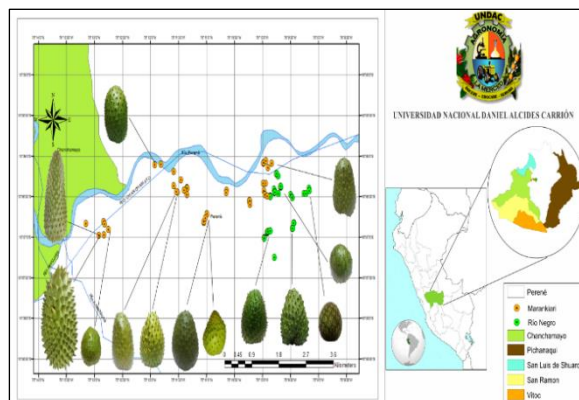


Figura 1. Identificación de los tres ecotipos en variabilidad de guanábana en distrito de Perené, los 13 frutos mostrados se diferencian por sus características externas.

Fuente: Apaza y Salazar (2018), software ArcMap.

Toma de muestra

En el experimento, se trabajó con una población de 324 platas; de ello, se obtuvo una muestra de 18 plantas por tratamiento sienta en total de 270 plantas que se obtuvo por el método al azar.

Metodología

Una vez construida el vivero en el campo experimental, se instalaron las semillas de guanábana en el germinadero y en el transcurso de 45 días se obtuvieron las plántulas. Estas fueron repicadas en las bolsas de almácigos teniendo los cuidados adecuados. Las conidias del patógeno, obtenidas en el laboratorio de muestras de hojas enfermas de *Colletotrichum* spp, se inocularon en las plantas de guanábana que fueron en dos periodos el primero en al mes del repique y el siguiente a los tres días después (Figura 2). Una vez infectada con *Colletotrichum* spp., se aplicaron los antagonistas en 4 periodos con frecuencia de 7 días siendo la primera aplicación a la semana de la inoculación del patógeno (Figura 3). Durante el desarrollo y crecimiento de la planta, se evaluación las variables dependientes.



Figura 2. Preparación del medio de cultivo de hongo *Colletotrichum* spp (Fase de laboratorio)



Figura 3. (A) síntomas de *Colletotrichum* spp y (B) aplicación de los hongos antagonistas

Componentes de estudio

Tabla 1. Descripción de los niveles del factor A y B

Factores		Niveles
A. Ecotipo		a1: E. Blanca
		a2: E. Negra
		a3: E. Amarilla
B. Antagonistas		b1: <i>Bacillus subtilis</i>
		b2: <i>Trichoderma viride</i>
		b3: <i>T. harzianum</i>
		b4: <i>T. viride</i> y <i>T. harzianum</i>
		b5: Testigo absoluto

Tabla 2. Descripción de los 15 tratamientos

Tratamiento	Combinaciones
1	a ₁ b ₁

2	a ₁ b ₂
3	a ₁ b ₃
4	a ₁ b ₄
5	a ₁ b ₅
6	a ₂ b ₁
7	a ₂ b ₂
8	a ₂ b ₃
9	a ₂ b ₄
10	a ₂ b ₅
11	a ₃ b ₁
12	a ₃ b ₂
13	a ₃ b ₃
14	a ₃ b ₄
15	a ₃ b ₅

Diseño experimental

Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con parcelas fraccionadas de 3 por 5, lo que resultó en un total de 15 tratamientos con tres repeticiones, incluyendo los tratamientos testigo. Para evaluar las diferencias entre tratamientos, se aplicó la prueba de comparación de medias de Duncan con un nivel de significancia del 5 % ($\alpha = 0.05$), utilizando el software Excel para el procesamiento de datos.

Las variables evaluadas fueron:

Incidencia (%)

Para calcular los porcentajes de incidencia de la enfermedad, se utilizó la siguiente expresión matemática:

$$\text{Incidencia (I)} = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Número total de plantas observadas}} \times 100$$

Severidad (%)

Se utilizó una escala de cuantificación de evaluación para medir esta variable (Tabla 3 y Figura 4).

Las demás variables analizadas fueron la altura de la planta, el diámetro del tallo y, por último, se determinó el área foliar mediante la recolección de hojas de los plantones de guanábana correspondientes a cada tratamiento.

Tabla 3. Escala de evaluación para cuantificar infecciones latentes de *Colletotrichum* spp. en las hojas de guanábana

Niveles	% de infecciones latentes
0	0
1	1-20

2	21-40
3	41-60
4	61-80
5	81-100

Fuente: Lizarazo (2005)

Escala de cuantificación de la lámina foliar

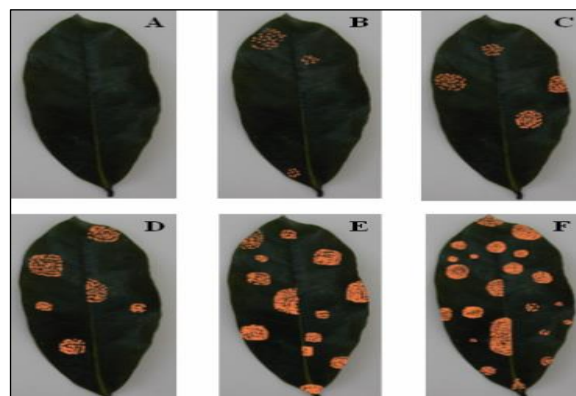


Figura 4. Diagrama esquemático de hoja de guanábana con los seis niveles de cubrimiento de infecciones latentes: A) 0 % B) 1-20 % C) 21-40 % D) 41-60 % E) 61-80 % F) 81-100 %

RESULTADOS

Incidencia de enfermedad (%)

En el experimento, se observaron diferencias significativas entre los ecotipos evaluados. El ecotipo blanco (a₁) ocupó la primera posición al registrar el menor porcentaje de incidencia de la enfermedad, con un promedio de 53.33 %, mostrando diferencia estadística con los ecotipos amarillo (a₃) y negro (a₂), cuyos promedios fueron de 63.33 % y 68.89 %, respectivamente. Cabe señalar que entre los ecotipos a₂ y a₃ no se encontraron diferencias estadísticas significativas.

Tabla 4. Prueba de comparación múltiple según Duncan para los promedios de incidencia de la enfermedad en los niveles del factor A (ecotipos de guanábana)

N.º	Niveles	Promedio (%)	Significación
1	a ₁	53.33	a
2	a ₃	63.33	b
3	a ₂	68.89	b

A. L. S. (D) 0.05 = 8.003, 8.294

Los promedios de los tratamientos de la incidencia de la enfermedad, para cada nivel del factor B, muestran que los niveles b3 y b4 reportaron una baja incidencia con medias de 44.44 y 55.56 %, respectivamente, sin mostrar significancia estadística entre ellos; No obstante, el tratamiento b3 mostró diferencias estadísticas frente a los niveles b2, b1 y b5, cuyos promedios de incidencia fueron más altos: 61.11 %, 88.52 % y 79.63 %, respectivamente, indicando una mayor presencia de antracnosis.

Tabla 5. Prueba de comparación múltiple según Duncan para las medias de los tratamientos de la incidencia de la enfermedad, en los niveles del factor B

N.º	Nivel	Promedio (%)	Significación
1	b 3	44.440	a
2	b 4	55.560	a b
3	b 2	61.110	b c
4	b 1	68.520	c d
5	b 5	79.630	d

A. L. S. (D) 0.05

En la causa de variación de la internación Ax B del ANVA, no hubo significación estadística; es decir, los niveles de cada factor actuaron de modo independiente. En la Figura 5, se muestra la respuesta de la enfermedad en todos los tratamientos estudiados en relación que, con la realización de las evaluaciones de semana a semana, en el tratamiento T10 (a2b5) se observa que tiene mayor incidencia de la enfermedad y los tratamientos T3 (a1b3), T4 (a1b4) y T8 (a2b3) presentan menor incidencia.

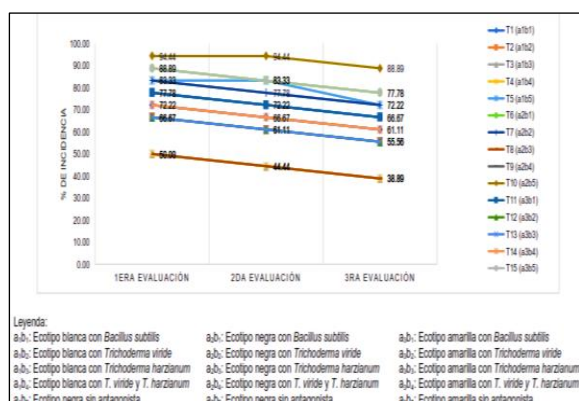


Figura 5. Respuesta de la progresión de la incidencia de la antracnosis en las plantas del vivero de guanábana provocado por *Colletotrichum* spp.

Severidad de enfermedad (%)

Con relación a la severidad de antracnosis, presenta significancia estadística en los ecotipos, antagonista, así como en las interacciones de ecotipo y antagonistas, teniendo en esta ultima los cuatro primeros tratamientos a1b3 (ecotipo Blanca x *T. harzianum*), a2b3 (ecotipo negra x *T. harzianum*), a3b3 (ecotipo amarilla x *T. harzianum*) y a1b4 (ecotipo Blanca x *T. viride* y *T. harzianum*), presentaron bajo porcentaje de severidad con medias de 4.468, 5.165, 5.875 y 5.957 % respectivamente.

Tabla 6. Prueba de comparación múltiple de Duncan para las medias de los tratamientos de severidad de la enfermedad para las interacciones de los niveles del factor A y B (ecotipos x guanábana)

N.º	Interacción	Promedio (%)	Significación
1	a1b3	4.468	a
2	a2b3	5.165	a
3	a3b3	5.875	a b
4	a1b4	5.957	a b
5	a2b4	8.405	b c
6	a3b4	9.400	c
7	a1b2	13.210	d
8	a2b2	15.348	d e
9	a1b1	17.972	e f
10	a3b2	19.104	f g
11	a3b1	20.145	f g
12	a2b1	21.254	g
13	a3b5	25.377	h
14	a1b5	26.048	h
15	a2b5	33.216	i

A. L. S. (D) 0.05 = 2.446, 2.562, 2.641, 2.696, 2.738, 2.770, 2.795, 2816, 2.832, 2.846, 2.858, 2.867, 2.875, 2.881

DISCUSIÓN

En el estudio, se determinó el ecotipo, los antagonistas y la interacción de ambos. El ecotipo blanco manifestó menor incidencia (tabla 3) la diferencia estadística fue debido a que el ecotipo blanca tiene tolerancia tanto en la fase de vivero como de campo, corroborado por (Apaza & Salazar, 2018); con relación ecotipo amarillo este es considerado casi tolerante y el ecotipo negro es susceptible a la antracnosis. El *T. harzianum* y el *T. viride* con *harzianum* (Tabla 4) acciona ante el *Colletotrichum* sp. con sus mecanismos de acción por resistencia inducida, parasitismo, competencia y antibiosis, tal como lo explica Rousoss (2002). Las interacciones a1b3, a2b3, a3b3 y a1b4 (Tabla 5) tienen menor porcentaje de severidad estas interacciones

están supeditados por el nivel b3 (*T. harzianum*) que presenta mayor mecanismos de acción (parasitismo, competencia, antibiosis y resistencia inducida) ante el hongos estos resultados coincide con el reporte de Le Thanh et al. (2025), quien reporta resultados similares que *T. harzianum* presentó el mayor porcentaje de inhibición, con aproximadamente el 63,78 % a), al desarrollo y crecimiento de antracnosis en cebolla; de igual manera, Es-Soufi et al. (2020) reporta que las cepas de *T. harzianum* y *B. amyloliquefaciens* presentaron la capacidad de inhibir el crecimiento y desarrollo del micelio del *Colletotrichum* sp. en fresa. Asimismo, la interacción a1b3 muestra significancia estadística a las 11 últimas interacciones, debido a que los ecotipos y antagonistas restantes no tuvieron mecanismo de acción efectivo frente al patógeno, corroborado con Rousoss (2002).

CONCLUSIONES

La guanábana de ecotipo blanco, el antagonista *T. Harzianum* y para la interacción (ecotipo x guanábana) las mejores interacciones fueron a1b3, a2b3, a3b3, a1b4 con medias de 4.468, 5.165, 5.875, 5.957 %, respectivamente. Resultaron los más eficientes por presentar menores porcentajes de incidencia y severidad de *Colletotrichum* spp., por lo tanto, pueden considerarse como estrategias para un manejo integrado de enfermedad y poder experimentar estos resultados en otros cultivos.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores manifiestan que no tienen ningún conflicto de intereses relacionado con la publicación de este artículo científico.

REFERENCIAS

Anaya, N. J. (2022). Evaluación de productos biológico y químicos para el control de la antracnosis en la guanábana (*Annona muricata* L.), causado por el hongo (*Colletotrichum* spp.). [Proyecto de

- investigación]. Repositorio Institucional UNAD. <https://tinyurl.com/4m2wej8h>
- Apaza, S. M. y Salazar, H. (2018). Caracterización morfológica de ecotipos de guanábana (*Annona muricata* L.) en el distrito de Perene-Chanchamayo. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Chanchamayo. 178 p.
- Arias, M. (2004). Hongos antagonistas o micopatógenos. Guía de insumos Biológicos para el manejo integrado de plagas. Cali; Colombia. Pp. 59-61.
- Cáceres, J. Gualpa, M. (2009). Evaluación del control de ojo de pollo (*Colletotrichum gloeosporioides*) en tomate de árbol (*Solanum betaceum*) utilizando fungicidas de síntesis y biológicos en plantas productivas. Tesis. Ing. Agr. Cuenca, Ecuador. 62 p.
- Cruz, J. Torres, L. Delgado, M. Domínguez, M. Martínez, P. Franco, M. (2002). El guanábano: Agronomía y usos de frutales tropicales. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Texcoco, México. 117 p.
- Durán, R.F. (2007). Control de plagas y enfermedades en los cultivos. Editorial Grupo Latino Editores Ltda. 760 p.
- Es-Soufi, R., Tahiri, H., Azaroual, L., Oualkadi, A. El, Martin, P., Badoc, A., Lamarti, A., Es-Soufi, R., Tahiri, H., Azaroual, L., Oualkadi, A. El, Martin, P., Badoc, A., & Lamarti, A. (2020). In Vitro Antagonistic Activity of *Trichoderma harzianum* and *Bacillus amyloliquefaciens* against *Colletotrichum acutatum*. *Advances in Microbiology*, 10(3), 82-94. <https://doi.org/10.4236/AIM.2020.103008>
- Le Thanh, T., Nguyen Huy, H., Huynh Huu, T., Papathoti, N. K., Nakashita, H., Thao, P. T. P., & Buensanteai, K. (2025). Efficacy of *Bacillus* and *Trichoderma* on growth and anthracnose resistance in scallion. *Plant Science Today*. <https://doi.org/10.14719/PST.3074>
- Li, X., Liao, Q., Zeng, S., Wang, Y., & Liu, J. (2025). The use of *Trichoderma* species for the biocontrol of postharvest fungal decay in fruits and vegetables: Challenges and opportunities. *Postharvest Biology*

- and Technology, 219.
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2024.113236>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2017). Anuario estadístico de la producción estadístico y ganadera 2016. Sistema integrado de estadística agraria. Perú. 156 p.
- Miranda, D. Barragan, E. Barreto, D. Calderon, A. M. (2001) Manejo integrado de la guanábana (Innovación Tecnológica). Colombia-Bogotá. 187 p.
- Ramírez, C. G. 2000. Agricultura orgánica, insecticidas y fungicidas biológicos, fórmulas y formas de preparación en su finca, 5.^a edición. Buga. 96 p.
- Rousoss, S. (2002). Obtención de biopreparados a partir de *Trichoderma harzianum*. Francia. 160 p.
- Stefanova, M. (1999). Producción de metabolitos por cepas de *Trichoderma viride*. Informe de investigación. Cuba, INISAV. 36 p.
- Zárate, R. D. (1997). Enfermedades de la guanábana *Annona muricata* L., en Colombia: características, manejo y control. Fitopatología Colombiana. Pp. 68-74.



Influencia de la temperatura y solutos sobre la cinética de transferencia de materia en deshidratación osmótica de manzana (*Golden delicious*)

Influence of Temperature and Solutes on the Kinetics of Mass Transfer in Osmotic Dehydration of Apple (*Golden delicious*)

Cledi Puma Condori¹, Sindy Karina Campos García²

¹Universidad Nacional de Juliaca, Juliaca, Perú

²Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Honduras

Autor de correspondencia:

Cledi Puma Condori

Historial del artículo:

Recibido el 6 de abril de 2025 | Aceptado el 20 de mayo de 2025 | Publicado el 20 de junio de 2025

RESUMEN

La deshidratación osmótica implica eliminar agua de los alimentos para reducir el crecimiento de microorganismos y reacciones químicas no deseadas, así como para prolongar su vida útil. El objetivo es evaluar la curva cinética de transferencia de masa en la deshidratación osmótica de manzana (*Golden delicious*) en concentraciones (40 %, 50 % y 60 %) a temperatura ambiente durante cuatro días en continuo cambio. Se conoció la pérdida de masa total, la masa de agua y la masa de sólidos solubles. Además, se evaluó los °Brix, donde mediante balance de masa se pudo obtener 45 g, luego del secado, presentó un peso total de 15 g. Con respecto a los °Brix, se observó que, a las concentraciones de 40 %, 50 % y 60 %, se obtuvieron 30.3, 27.1 y 36, respectivamente. En cuanto a la pérdida de peso al cambiar las concentraciones de 40 %, 50 % y 60 %, fueron de 3, 2, 2, 4 y g, g, respectivamente. También, hubo aumentos en el peso total de sólidos como 40 % (50 g), 60 g y 1 % (60 g). En las muestras sometidas a secado en horno, se observó una pérdida de peso al 40 % (34,57 g), 50 % (32,45 g) y 60 % (27,55 g), quedando un peso total mayor, 14 g más una concentración de 15 g más 12,5 g para así concluir con la mayor cantidad de 145 g. La pérdida de peso en diferentes concentraciones se produjo el segundo día.

Palabras clave: osmodeshidratación; masa; cinética; temperatura; manzana

ABSTRACT

Osmotic dehydration involves the removal of water from food to decrease the development of microorganisms and unwanted chemical reactions, prolonging shelf life. The objective is to evaluate the kinetic curve of mass transfer in the osmotic dehydration of apple (*Golden delicious*) in concentrations (40 %, 50 % and 60 %) at room temperature for four days in constant change. The loss of total mass, water mass and mass of soluble solids were determined, in addition to this, the ° Brix were evaluated, where it was possible to obtain by means of mass balance of 45 g, after drying it had a total weight of 15 g, with respect to ° Brix it was observed that the concentrations of 40 %, 50 % and 60 % were obtained 30.3, 27.1 and 36 respectively. With respect to the weight loss in the change of concentrations of 40 %, 50 % and 60 % were 3 g, 2.1 g and 4.2 g respectively, there were also weight gains of total

solids such as in 40 % (3 g), 50 % (1 g) and 60 % (0 g). The samples subjected to oven drying the weight loss that was observed in 40 % (34.57 g), 50 % (32.45 g) and 60 % (27.55 g) leaving these with a total weight of 12.43 g, 14.55 g and 15.45 g respectively resulting in the concentration with the highest amount of solids and yield is the concentration of 60 %. Finally, it is concluded that the greatest amount of weight loss in different concentrations was on day two.

Keywords: osmodehydration; mass; kinetics; temperature; apple

INTRODUCCIÓN

Las manzanas comenzaron a ser populares en el año, con la 'Starking' variety originaria de Estados Unidos. Sin embargo, la calidad de las manzanas 'Starking' disminuye con el tiempo. Los esquemas de deshidratación osmótica (DO) y términos de procesamiento no térmico han sido considerados para preservar la fruta y modificar el tejido, espectroscopia vibracional y otras técnicas analíticas, también, son utilizadas para estudiar las estructuras moleculares y las interacciones de los carbohidratos (Chen et al., 2017; Petruzzi et al., 2027; Rosas et al., 2012).

La manzana de cera, una fruta originaria del sudeste asiático, contiene diversos compuestos bioactivos como antocianina, carotenoides, ácido ascórbico, glicósidos de flavonol, triterpenoides, chalconas, proantocianidinas, fenoles, saponinas, taninos, alcaloides, esteroides y flavonoides. Se ha descubierto que estos compuestos tienen propiedades antiinflamatorias, antioxidantes, antifúngicas, anticancerígenas y antibacterianas. Sin embargo, la manzana de cera es un producto perecedero, y el deterioro poscosecha puede provocar una apariencia inaceptable y pérdidas de calidad.

Para conservar estas frutas, se han utilizado ampliamente diversas técnicas de conservación, como la deshidratación osmótica (DO), debido a sus excelentes propiedades de eliminación de agua. Se ha descubierto que la DO mejora la textura y el sabor de los productos, prolongando su vida útil. Se ha descubierto que los tratamientos de ultrasónicos, como la deshidratación osmótica asistida por ultrasonidos (DOU), aumentan la pérdida de agua y la eficiencia durante el proceso de secado. La combinación de ultrasónicos y deshidratación osmótica ha mostrado resultados satisfactorios en

diversas frutas y verduras, incluso a temperaturas más bajas (Barrera et al., 2024; De La Cruz & Aguirre, 2025).

La deshidratación implica la eliminación del agua de los alimentos. Esto reduce el riesgo de crecimiento de microorganismos y reacciones químicas indeseadas, y prolonga su vida útil. Otras ventajas incluyen un almacenamiento y transporte más sencillos a un menor coste. Sin embargo, los procesos de eliminación de agua a altas temperaturas y durante largos periodos pueden causar daños nutricionales y sensoriales durante la estabilización del producto. Para minimizar los efectos adversos, se utiliza, habitualmente, una serie de pretratamientos para reducir los cambios sensoriales (pérdida de color) y disminuir las características físicas (incluida la densidad aparente y la capacidad de rehidratación) (Luan et al., 2021; Xavier y Gutiérrez, 2019).

Reducir el contenido de agua de los alimentos es uno de los métodos de conservación más utilizados. Las tecnologías más utilizadas se basan en la evaporación del agua. La deshidratación osmótica (DO) ha despertado un gran interés debido a sus bajas temperaturas de funcionamiento, de 20 a 50 °C. En la deshidratación osmótica (DO), donde los productos se colocan en soluciones hipertónicas, se producen dos efectos principales: el movimiento del agua del producto hacia la solución hipertónica y el movimiento de solutos hacia el alimento (Altamirano y Genina, 2005). Las frutas son un alimento importante en términos de consumo, aporte nutricional (especialmente por su aporte de fibra, vitaminas, minerales y antioxidantes) y propiedades sensoriales. La deshidratación osmótica es un proceso utilizado en la industria alimentaria y forma parte de los sistemas de procesamiento de frutas y hortalizas. Este procedimiento, también, puede utilizarse como prerrequisito

para la eliminación mediante técnicas tradicionales como la convección forzada y la liofilización. La deshidratación osmótica implica procesos de transferencia de masa en los que la eficiencia de la eliminación de humedad y la incorporación de sólidos se basa en la eliminación (Ccaza y Chambi, 2023).

Los probióticos son esenciales para mantener la salud intestinal. Las frutas y verduras son esenciales para la dieta humana, pero su vida útil está limitada por la actividad metabólica y la presencia de microorganismos. La deshidratación osmótica es una técnica utilizada para reducir el contenido de agua e incluir solutos en frutas y verduras, lo que resulta en una mayor vida útil y valor nutricional. La matriz de la manzana es altamente aplicable para los probióticos debido a su alta porosidad y potencial para la supervivencia probiótica a lo largo del tiempo (Ccaza & Chambi, 2023).

El proceso de deshidratación osmótica es complejo, y el estudio de factores como el agente osmótico, la concentración de la solución, el tiempo de inmersión y el efecto de la relación sólido-solución puede resultar difícil con modelos lineales simples. Las técnicas de modelado no lineal y la implementación de una interfaz neurodifusa adaptativa pueden ser adecuadas para estudiar el proceso. Este estudio tuvo como objetivo modelar la densidad óptica de la manzana de cera mediante ANFIS, centrándose en optimizar los parámetros del proceso de deshidratación osmótica asistida por ultrasonido (Barrera et al., 2024).

La industria alimentaria está explorando técnicas innovadoras de procesamiento de alimentos para satisfacer la demanda de los consumidores de dietas sostenibles y saludables. La deshidratación osmótica (DO) y la impregnación al vacío (IV) se utilizan para mejorar el valor nutricional, sensorial y funcional de los productos alimenticios, especialmente cuando se utilizan como pretratamiento en procesos de conservación como el secado o la congelación. La DO y la IV pueden introducir compuestos bioactivos en la matriz alimentaria, lo que ofrece oportunidades para alimentos funcionales sostenibles (Barrera et al., 2024).

Se propone una combinación de tecnologías de ingeniería de matrices, como OD y VI, con operaciones de secado para producir snacks de fruta funcionales, atractivos y nutritivos. Esta combinación realza el sabor y la textura del producto, conservando al mismo tiempo sus nutrientes esenciales. El panela granulada. La panela granulada contiene azúcar en forma de sacarosa, lo que la convierte en una alternativa interesante para la formulación de soluciones osmóticas. Se analizan las propiedades fisicoquímicas y antioxidantes de los productos intermedios y finales para evaluar el potencial de estas técnicas para producir snacks de manzana más nutritivos y sostenibles (Barrera et al., 2024).

Los productos secos, como frutas, verduras y frutos secos, se rehidratan para recuperar sus propiedades, a menudo con agua, zumo o leche. El proceso implica la absorción, el hinchamiento y la lixiviación de las sustancias disueltas. Un proceso de rehidratación rápido puede reducir los costes de mano de obra, la necesidad de espacio de almacenamiento y mejorar la eficiencia de la producción. La capacidad del producto seco para absorber agua es el principal indicador de la exactitud del proceso de secado. El proceso de rehidratación depende del método de secado, los parámetros, el pretratamiento, los daños internos, la composición química del producto, la microestructura, el proceso de rehidratación y las condiciones externas. La rehidratación mide el grado de cambio durante el procesamiento, pero no puede revertir la deshidratación (Tomasz & Beata, 2025).

La investigación sobre la rehidratación de alimentos deshidratados ha sido extensa, estudiaron el impacto del presecado por microondas y el secado por soplado por explosión en chips de fruta de pitaya, demostrando tasas de rehidratación más rápidas. Estudiaron el efecto de la temperatura de secado en la calidad y las propiedades microestructurales de los pimientos rehidratados, y descubrieron que el pretratamiento minimizaba el daño a la estructura celular y mejoraba la retención de vitamina C, el color y la firmeza, así como descubrieron que la congelación lenta daba

como resultado unas gachas porosas con poros grandes y una estructura más quebradiza. La capacidad de los alimentos para absorber líquidos, también, depende de su composición química (Tomasz & Beata, 2025). Por ello, el objetivo de este estudio fue realizar la cinética de deshidratación osmótica de la manzana en concentraciones de 40 %, 50 % y 60 % a temperatura ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras fueron recolectadas del mercado, en condiciones óptimas de consumo las manzanas *Golden Delicious* fueron troceadas en dimensiones de 1 cm x 1 cm para el estudio de cinética se utilizó los siguientes materiales y métodos. La materia prima que paso por deshidratación osmótica fueron manzanas rojas con un estado similar de madurez. Asimismo, se utilizó la azúcar blanca y agua comercial para las realizar las concentraciones. Todos estos fueron adquiridos del mercado Las Mercedes del distrito de Juliaca, para lo cual se tomaron 500 g de manzanas peladas y cortadas en cubos de 1 cm.

Obtención de la solución

La obtención de la solución osmótica se obtuvo disolviendo la sacarosa en agua. Para esto, se trabajó con tres tratamientos con 50 gramos de muestra de manzana para cada tratamiento. Asimismo, se trabajó a diferentes concentraciones 40 %, 50 % y 60 %, tal como se muestra en la Tabla 1. En cuanto al agua, se trabajó con 250 ml para cada tratamiento.

Tabla 1. Formulación de tratamientos a diferentes concentraciones

Tratamiento	Peso de manzana (g)	Concentración (%)	Agua (ml)
T1	50	40	250
T2	50	50	250
T3	50	60	250

Para determinar los ° Brix, se utilizó Refractómetro digital HANNA HI96814.

Método

Determinación de °Brix

Se determinó utilizando un Refractómetro digital HANNA HI96814. Consistió tomar una pequeña cantidad de la solución azúcar-agua al momento de cambiar la solución, °Brix inicial y °Brix final, se desarrolló por cada día.

Determinación de peso muestra total

Para la determinación del peso de cada muestra, se realizaron en diferentes días (1, 2, 3 y 4) para cada tratamiento. Consistió en cambiar la misma cantidad de agua y concentración de azúcar que inicialmente se utilizó siguiendo este procedimiento por cuatro días. Finalmente, las tres muestras se llevaron a la estufa las cuales permanecieron durante un aproximado de 48 horas a 40 °C y se determinaron los pesos finales de la deshidratación osmótica de la manzana en cada tratamiento, la cual se determinará mediante la formula:

$$\text{Pérdida de peso} = \text{Peso final} - \text{Peso inicial} \dots (\text{Ec } 1)$$

Determinación de peso de cada cubito de manzana

Este procedimiento se realizó con tres repeticiones para cada tratamiento. Asimismo, se desarrolló por día (1,2,3 y 4). Estos pesos fueron evaluados todos los días que se realizó el cambio de solución de azúcar con 3 repeticiones para poder determinar un promedio total de pesos la cual se utilizara la siguiente formula:

$$\text{PE - TOTAL} = \frac{R1 + R2 + R3}{3} \dots (\text{Ec } 2)$$

Pe-Total: Pérdida de peso total por cada cubo de manzana

R1: Repetición 1

R2: Repetición 2

R3: Repetición 3

Esta repetición se realizó en cada concentración y en cada día de evaluación

RESULTADOS

Determinación de °Brix

Se determinó utilizando un Refractómetro digital HANNA HI96814. Consistió tomar una pequeña cantidad de la solución azúcar-agua al momento de cambiar la solución, °Brix inicial y °Brix final, se desarrolló por cada día.

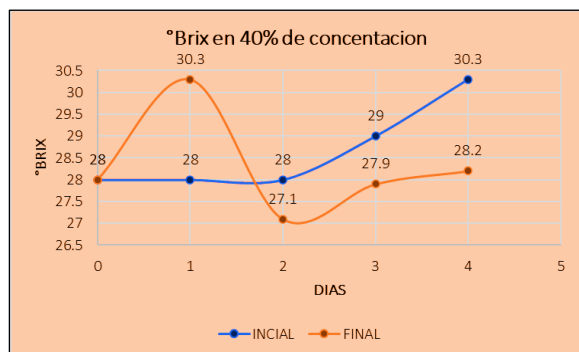


Figura 1. Aumento y disminución de °Brix en la ganancia y pérdida de concentración de azúcares de 40 % en la manzana.

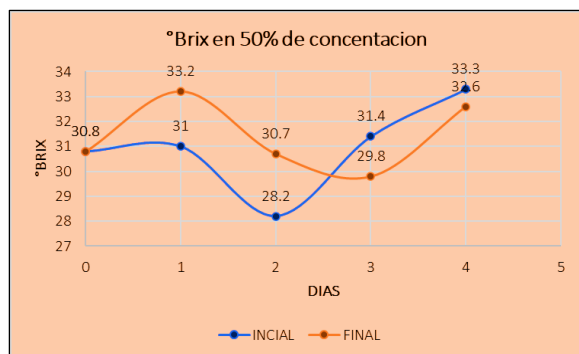


Figura 2. Aumento y disminución de °Brix en la ganancia y pérdida de concentración de azúcares de 50 % en la manzana.

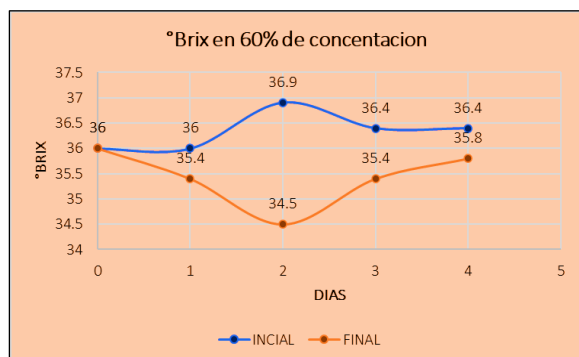


Figura 3. Aumento y disminución de °Brix en la ganancia y pérdida de concentración de azúcares de 60 % en la manzana.

Determinación de peso muestra total

Se realizó el día 0 los pesos de las manzanas en tamaños y proporciones iguales, así como se muestra en la tabla.

Tabla 2. Preparación de muestras en diferentes concentraciones

Día	Tratamiento	Peso de manzana (g)	Concentración (%)	Azúcar (g)	Agua (ml)
0	T1	50	40	100	250
	T2	50	50	120	250
	T3	50	60	150	250
	Promedio	50	50	123.33	250
	Desv. Est M	0	10	25.16	0

Los pesos fueron evaluados en 4 diferentes días con diferentes concentraciones, las disoluciones de se prepararon cada día. Todos los días se cambió la disolución para observar la ganancia o pérdida de peso, así como la que se muestra en la tabla.

Tabla 3. Ganancia y pérdida de peso en diferentes días después del cambio de concentración

Día	Tratamiento	Peso inicial	Peso final	Pérdida o ganancia
0	T1	50	50	0
	T2	50	50	0
	T3	50	50	0
1	T1	50	48	-2
	T2	50	48.1	-1.9
	T3	50	48.2	-1.8
2	T1	48	45	-3
	T2	48.1	46	-2.1
	T3	48.2	44	-4.2
3	T1	45	48	3
	T2	46	46	0
	T3	44	44	0
4	T1	48	47	-1
	T2	46	47	1
	T3	44	43	-1

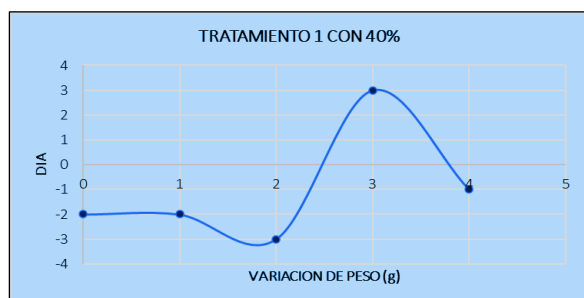


Figura 4. Pérdida y ganancia de peso en manzanas en diferentes días en una concentración de 40 %



Figura 5. Pérdida y ganancia de peso en manzanas en diferentes días en una concentración de 50 %



Figura 6. Pérdida y ganancia de peso en manzanas en diferentes días en una concentración de 60 %

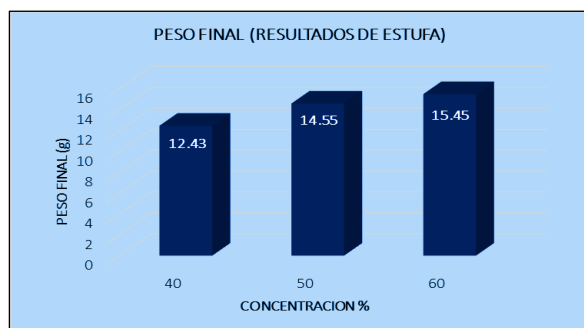


Figura 7. Pérdida de peso final en las concentraciones de solución de azúcar (antes desecado en estufa)

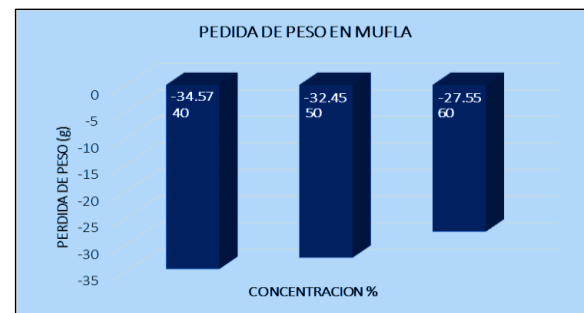


Figura 1. Pérdida de peso final mediante estufa en diferentes concentraciones de solución de azúcar

Determinación de peso por cada unidad cubo de manzana

Este procedimiento se realizó con tres repeticiones para cada tratamiento; asimismo, se desarrolló por día (1, 2, 3 y 4).

Tabla 4. Peso de los días 1, 2, 3 y 4 en las tres repeticiones evaluadas con las 3 concentraciones

Día	Repetición	Peso unitario de manzana		
		T1 (40 %)	T2 (50 %)	T3 (60 %)
1	R1	1.09	0.79	1
	R2	0.95	1.09	0.77
	R3	1	0.5	0.75
	Promedio	1.01	0.79	0.84
2	R1	1.02	1.06	0.77
	R2	0.75	0.89	1.28
	R3	0.88	1.02	1.16
	Promedio	0.88	0.99	1.07
3	R1	0.72	0.93	0.72
	R2	0.81	0.95	0.83
	R3	0.99	0.6	1.25
	Promedio	0.84	0.83	0.93
4	R1	0.81	0.76	0.96
	R2	0.85	1.09	1.22
	R3	1.02	1.02	0.8
	Promedio	0.89	0.96	0.99

DISCUSIÓN

Xavier y Gutiérrez (2019) evaluaron el efecto de la deshidratación osmótica (DO) de fragmentos de frutos criolla se realizó en una emulsión (emulsión de 600 g sólido kg⁻¹) elaborada con capsula, Jamaica y una oleorresina de chile piquín durante 120 min a 40°C. También, la manzana fue osmo deshidratada en una mezcla de sacarosa - Jamaica para propósitos de comparación. Se

evaluó el impacto de la DO en la disminución de agua y en el incremento de sólidos durante el procedimiento. Los estudios usados con la solución evidenciaron un incremento en el volumen de aceite, fenoles solubles y antocianinas monoméricas. La inclusión de Jamaica en la solución osmótica promovió la alteración del color de las pruebas. Las micrografías de los fragmentos osmodeshidratados con la emulsión mostraron la existencia de microcápsulas de aceite en la microestructura de la manzana.

Los hallazgos logrados indicaron que la aplicación de un compuesto acuoso de Jamaica como agente osmótico posee la capacidad de alterar el color, así como aumentar el contenido de fenoles solubles y antocianinas monoméricas.

Puente et al. (2010) evaluaron la influencia del pretratamiento osmótico en el secado con aire caliente de manzanas Granny Smith. El pretratamiento osmótico (DO) fue a tres concentraciones (30, 40 y 50 °Brix). El proceso de secado de manzana con aire caliente fue a dos temperaturas (55 y 65 °C). La tasa de deshidratación fue mayor para las manzanas pretratadas que para las manzanas frescas. Las condiciones óptimas se crearon mediante pretratamiento osmótico DO 50°Brix con aire caliente SAC 65°C. Se concluyó que debido al proceso de deshidratación osmótica de las manzanas Granny Smith, la aplicación de concentraciones de 30 °Brix, 40 °Brix y 50 °Brix tiene un impacto significativo en la pérdida de humedad, adición de sólidos y reducción de peso, los cuales varían dependiendo de factores como el tiempo de inmersión y la concentración de las soluciones utilizadas.

Según Conway et al. (1983), las consideraciones de transferencia de masa en la deshidratación osmótica de manzanas usando un sistema de circulación, donde los parámetros investigados fueron la pérdida de agua y la ganancia de azúcar. Fue encontrado que la pérdida de agua estuvo influenciada por la temperatura y los °Brix del agente osmótico. La ganancia de azúcar alcanzó un máximo después de 30 min., tiempo de deshidratación, y se mantuvo constante durante el resto del procesamiento tiempo.

Altamirano y Genina (2005) lograron realizar la deshidratación osmótica de prismas de camote, manzana y papa. Se establecieron las cinéticas de variación total en las masas de prismas de sección cuadrada y tres distintos espesores. Los camotes fueron sometidos a procesos de deshidratación osmótica utilizando soluciones de sacarosa en agua a dos distintas concentraciones y dos temperaturas. En los casos donde se disminuyó la impregnación y se promovió la deshidratación, es necesario operar a temperaturas más bajas al utilizar concentraciones superiores.

Según Khin et al. (2007), el impacto de las condiciones del proceso y los recubrimientos en la deshidratación eficiencia, así como estructura celular del tejido de manzana durante la deshidratación osmótica, el tratamiento combinado de recubrimiento y deshidratación osmótica a manzanas se realizó utilizando dextrosa y sacarosa como agentes osmóticos. Se estudió la relación y el índice de eficiencia de deshidratación. Se encontró una mayor relación de rendimiento en las manzanas recubiertas a altas temperatura de 55 C. Se obtuvo un mejor rendimiento cuando la sacarosa fue el agente osmótico en comparación con la dextrosa. Mejor deshidratación se encontró eficiencia en las muestras recubiertas a temperaturas más altas que a temperatura baja, cuando se deshidrataron osmóticamente con una solución de sacarosa a 55 °C. Esto puede deberse al hecho de que los materiales de recubrimiento podrían prevenir la absorción de solutos y mantener la estructura de la pared celular de las manzanas, Además, las manzanas recubiertas deshidratadas osmóticamente por solución de dextrosa mostraron colapso de la estructura celular.

Lerici et al. (1985) realizaron la deshidratación osmótica de la fruta: Influencia de los agentes osmóticos en el comportamiento de secado y calidad del producto, en distintas soluciones osmóticas, con o sin bajas cantidades de NaCl, fueron probados para evaluar sus efectos sobre las características de las manzanas osmoseadas (elegidas en nuestras experiencias como fruta "modelo"). La pérdida de agua y la actividad

del agua del producto final se vieron afectadas no solo por el agente osmótico, sino también por la ganancia de sólidos en la muestra. Al mismo tiempo del tratamiento, la ganancia sólida dependía de la química composición de los jarabes y la forma de las muestras. Suma de pequeñas cantidades de NaCl a soluciones osmóticas aumentó la conducción fuerza del proceso de secado.

Derossi et al. (2008) evaluaron la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de manzanas. Los procesos de deshidratación osmótica se aplican ampliamente para obtener alimentos de humedad intermedia de alta calidad. El estudio de la cinética de deshidratación y los mecanismos de transferencia de masa son muy importantes para comprender, controlar el proceso de deshidratación osmótica, y los cambios internos, en donde se informa la cinética del cambio de humedad y la movilidad durante la deshidratación osmótica de las manzanas. No fue posible explicar el proceso de tratamiento osmótico usando solo mecanismos basados en la difusión.

Según Derossi et al. (2008), un modelo de difusión de estado no estacionario basado en Fickian fue encontrado para describir adecuadamente la cinética de osmótica deshidratación de tejido de manzana en una solución de sacarosa. Los resultados encontrados enfatizan la hipótesis propuesta por varios autores de que otros mecanismos de deshidratación como capilaridad y los flujos están involucrados durante el tratamiento osmótico.

Kaymak-ertekin y Sultano (2000) analizaron el mecanismo de deshidratación osmótica de rodajas de manzana en diferentes concentraciones de sacarosa, dextrosa y azúcar. Se investigaron soluciones mixtas de crosa más dextrosa, y, también, a diferentes temperaturas. Se reconoció que a medida que la concentración y la temperatura aumentan, la pérdida de agua, también, aumenta a un nivel considerable. Se observó que, en sacarosa más dextrosa, mezclada solución que tiene la misma concentración total de materia seca, tanto la pérdida de agua como la ganancia de sólidos aumentaron como dextrosa en la mezcla. La tasa de deshidratación osmótica aumentó con la

concentración tratamiento de la solución de ósmosis y la temperatura del proceso. Una comparación de varias soluciones de ósmosis mostró que las soluciones mixtas de sacarosa más dextrosa dieron una mayor tasa de deshidratación como la concentración de dextrosa en la solución mixta. Dado que las condiciones de equilibrio experimental fueron no se alcanza por completo en la ósmosis de 8 h de las manzanas.

Según Sereno et al. (2001), los coeficientes de transferencia de masa, durante la deshidratación osmótica de manzana en soluciones acuosas simples y combinadas de azúcar y sal, se deshidrataron muestras de cilindros de manzana por inmersión en soluciones acuosas binarias de sacarosa y cloruro de sodio con diferentes, así como las temperaturas y concentraciones correspondientes, junto con soluciones ternarias de ambos solutos. Datos experimentales sobre el contenido de humedad de la muestra y la ganancia de sólidos contra el tiempo se ajustaron a un modelo difusional simplificado válido para tiempos de operación cortos. Un flujo neto de sólidos hacia la solución se observó durante el contacto inicial con soluciones de sal, que cambió más tarde a una ganancia real de sólidos como con el azúcar soluciones. La relación entre la pérdida de agua y la ganancia de sólidos para cada uno de los que se sometieron a osmosis fue particularmente alta en el caso de las soluciones salinas, debido a una baja ganancia de sólidos.

Vicente (2016) menciona que las propiedades reológicas, la movilidad molecular del agua y las muestras impregnadas en soluciones azucaradas de alta concentración mostraron una mayor eliminación de agua y un incremento en sólidos en comparación con las impregnadas en soluciones de baja concentración. La presencia de agua ya sea en niveles elevados o bajos, y las interacciones con la estructura matricial, tienen un impacto significativo en la mayoría de las características del tejido. Las muestras de manzanas osmóticamente deshidratadas resultaron ser más suaves y deformables que las manzanas frescas, perdiendo su dureza y su consistencia crujiente. La deshidratación osmótica en las

muestras de manzana inmersas en soluciones de azúcares con una a_w de 0,97 causó alteraciones drásticas en las propiedades de compresión, en contraste con los tratamientos de disminución de la a_w , hasta 0,94, más severos, que provocaron modificaciones menores que conservaron las características mecánicas más parecidas a las del tejido fresco. Este fenómeno podría deberse a la compactación del tejido a causa de la pérdida de agua y el aumento de sólidos derivados de la deshidratación osmótica.

Flores-Andrade et al. (2013) analizaron el impacto de la proteína de suero de leche-sacarosa en la deshidratación osmótica de manzanas, examinando la transferencia de masa en placas de manzana en combinaciones acuosas de sacarosa-concentrado de proteína de suero (WPC) de leche a 40 °C. Para ello, se elaboraron combinaciones de WPC-sacarosa en distintas niveles y duraciones de inmersión de hasta 400 min, se evaluó la actividad del agua (a_w) y se estimó la presión osm. Los datos de pérdida de masa (ML), pérdida de agua (WL) y ganancia de sólidos (SG) se determinaron y calcularon utilizando los coeficientes de difusión aparente del agua (D_w). Los hallazgos indicaron que las a_w de las mezclas se ubicaron en el intervalo de 0.947-0.998; en cambio, los coeficientes de difusión D_w promedio se situaron entre 1.16 y 2.321010 m²/s. Se notó que cuando la sacarosa era menos abundante y el WPC era más alto, los valores de pérdida de masa en el equilibrio (ML1), la pérdida de agua en el equilibrio (WL1) y la difusión (D_w) se reducían. Se observó una resistencia al flujo y a la transferencia de masa al aplicar proporciones de WPC-sacarosa de 2:3 y 3:2, lo que probablemente se debe a la creación de una membrana líquida de biopolímero alrededor de la placa de manzana.

Rosas et al. (2012) evaluaron los efectos del pretratamiento ultrasónico para la deshidratación osmótica (DO) sobre los coeficientes de difusión efectivos y la estructura molecular de cubos de manzana 'Starking' mediante FTIR. El estudio reveló que los coeficientes de sólidos fueron superiores a los de agua debido a las diferencias de concentración. Los cambios

estructurales se determinaron midiendo la frecuencia de vibración molecular de la sacarosa. Los resultados mostraron que la concentración de agua afectó significativamente el coeficiente de difusión debido a su dependencia de la estructura física del alimento. El estudio destaca la importancia de reducir el contenido de humedad inicial y modificar la estructura del tejido del fruto.

Por otro lado, Ccaza y Chambi (2023) evaluaron el impacto de la temperatura y la concentración de sacarosa en la estabilidad de *Saccharomyces boulardii* durante la deshidratación osmótica de cubos de manzana *Granny Smith*. Los investigadores prepararon soluciones osmóticas con diferentes concentraciones de sacarosa e inocularon *S. boulardii* en estas soluciones. Los cubos se expusieron a diferentes temperaturas durante 80 minutos y se calcularon diversos parámetros. Los resultados mostraron que los cubos tratados a 50 °Brix y 47 °C experimentaron una pérdida de peso del 40 %, mientras que aquellos a 60 °Brix y 42 °C mostraron un aumento del 350 % en la ganancia de sólidos. El mayor número de generaciones de la cepa se produjo en el grupo de 50 °Brix y 37 °C. El estudio sugiere que las altas temperaturas y las concentraciones de solutos pueden inhibir el desarrollo de la cepa *S. boulardii* en cubos de manzana.

Asimismo, Sundarsingh et al. (2023) investigaron el impacto del ultrasonido en la deshidratación osmótica de la ananá mediante un sistema de inferencia difusa. Se optimizaron los parámetros del proceso, incluyendo la temperatura y el tiempo de sonicación, la concentración de azúcar y la relación muestra/disolvente. Se desarrolló un modelo de interfaz neuronal difusa adaptativa (ANFIS) con alta capacidad predictiva. Los parámetros óptimos fueron 38,6 °C, 186 min, 62 % de concentración de azúcar y 11,7 p/v de relación disolvente muestra. Los valores predichos fueron 40,698, 3,097 y 10,916, respectivamente.

Barrera et al. (2024) propusieron el uso de panela como agente osmótico no convencional, combinando técnicas de impregnación al vacío y deshidratación

osmótica, y su estabilización mediante secado por aire caliente convectivo o liofilización. Las propiedades antioxidantes de la panela se pueden incorporar al tejido, y la estabilización mediante HAD mejora significativamente las propiedades antioxidantes de los snacks enriquecidos con panela. La adición de panela y las técnicas de procesamiento afectan las propiedades ópticas y texturales, y la FD estabiliza los snacks.

Finalmente, Tomasz y Beata (2025) analizaron el proceso de rehidratación de manzanas deshidratadas en forma cúbica, mediante métodos de pretratamiento como el escaldado al vapor, el calentamiento por microondas y la deshidratación osmótica en una solución de sacarosa. El proceso de rehidratación se llevó a cabo a 20 °C durante 150 minutos, y se observó que el secado osmótico redujo el proceso hasta en un 32 %.

CONCLUSIONES

Este estudio tiene la finalidad de mostrar una deshidratación osmótica en condiciones ambientales, esto con el fin de hacer que el alimento tenga mayor conservación y vida útil. Se realizó deshidratación osmótica de las manzanas, donde se obtuvo el balance materia de los trozos de manzana desde momento que ingreso a diferentes concentraciones en sacarosa (40 %, 50 % y 60 %). El peso promedio de los trozos de manzana se evaluó después del periodo de 4 días, donde se encontraron rangos de 48g.

Los brix, que se determinaron en estos 4 días en el tratamiento con 40 % de concentración de azúcar, tuvieron mayores resultados en el día 1 con (30.3) y los °Brix menores que se observaron en el día dos con un (27.1). En la concentración de 50 % los resultados con mayor °Brix oscilaron entre el día 1 y 4. Por otro lado, se observó valores menores de °Brix en el día 2 y 3.

Finalmente, se tuvo resultados de °Brix de la concentración 60 %, en el día 0 se observó 36°brix considerándose el más alto valor, posteriormente, se encontraron 35°brix en los días restantes.

La pérdida de peso en los días de evaluación fue incrementando porque al ser sometida las diferentes concentraciones estas

muestras tuvieron una pérdida de agua y Gancia de sólidos. Siendo estas las pérdidas en la concentración de 40 %; en el día 2, tuvo pérdida de 3g; sin embargo, en el día 3, hubo incremento de 3g. Esta ganancia de sólidos se vuelve un factor importante para pruebas de deshidratación osmótica. Asimismo, la concentración 50 %, en el día 2, tuvo una pérdida de peso de 2.1 g y una ganancia de sólidos de 1 g en el día 4. Posteriormente, en la concentración de 60 % hubo una mayor pérdida de peso de 4.2 g en el día 2 y no tuvo ganancia de sólidos en ninguno de los días.

Se llega a la conclusión que la mayor cantidad de pérdida de peso en diferentes concentraciones se tuvo en el día 2. Estas muestras se sometieron a un secado por estufa, obteniendo los siguientes resultados en la concentración de 40 % tuvo una pérdida de peso de 34.57 g, de esta manera, queda como peso final 12.43 g. Por otro lado, la concentración de 50 % tuvo una pérdida de 32.45 g, dejando como peso final de 14.55 g y como último se tiene la concentración de 60 %, que tuvo una pérdida de 27.55 donde quedo 15.45 g de peso en seco. Concluimos que el mejor tratamiento es del 60 % que tuvo mayor cantidad de ganancia de sólidos solubles y que, también, tiene mayor rendimiento.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

- Altamirano, S., & Genina, P. (2005). Deshidratación osmótica de prismas de camote, manzana y papa. *Comunicaiones Reports*, 485-487. <https://doi.org/33910707>
- Barrera, C., Betoret, N., & Segui, L. (2024). Potential of vacuum impregnation and osmotic dehydration techniques in producing jaggery- fortified apple snacks. *Sustainable FoodTechnology*, Vi, 1041-1051. <https://doi.org/10.1039/d3fb00255a>

- Ccaza, M., & Chambi, A. (2023). Influence of temperature and solute concentration during osmotic dehydration of apple (*Malus domestica*) cubes on the stability of probiotics. *Agronomia Colombiana*, 41(2), 1-9. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v41n2.108868>
- Chen, X., Lu, J., Li, X., Wang, Y., Miao, J., Mao, X., Zhao, C., & Gao, W. (2017). Effect of blanching and drying temperatures on starch-related physicochemical properties, bioactive components and antioxidant activities of yam flours. *LWT*, 82. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.058>
- Conway, J., Castaigne, F., Picard, G., & Vovan, X. (1983). Mass Transfer Considerations in the Osmotic Dehydration of Apples. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 16(1), 25-29. [https://doi.org/10.1016/s0315-5463\(83\)72014-6](https://doi.org/10.1016/s0315-5463(83)72014-6)
- De La Cruz, G. & Aguirre, E. (2025). Determination of the enzymatic activity and the percentage of PPO inhibition in the carom sheets post-treated by blanching and osmodehydration. *Journal of Scientific and Technological Research Industrial*, 6(1), 17-24. <https://doi.org/10.47422/jstri.v6i1.57>
- Derossi, A., De Pilli, T., Severini, C., & McCarthy, M. J. (2008). Mass transfer during osmotic dehydration of apples. *Journal of Food Engineering*, 86(4), 519-528. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.11.007>
- Flores-Andrade, E., Pascual-Pineda, L.A., Jiménez, M., & Beristain, C.I. (2013). Efecto de la proteína de suero de leche-sacarosa en la deshidratación osmótica de manzana. *Revista mexicana de ingeniería química*, 12(3), 415-424. <https://tinyurl.com/5c7rur49>
- Kaymak-ertekin, F., & Sultano, M. (2000). *Modelling of mass transfer during osmotic dehydration of apples*. 46.
- Khin, M. M., Zhou, W., & Perera, C. O. (2007). Impact of process conditions and coatings on the dehydration efficiency and cellular structure of apple tissue during osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, 79(3), 817-827. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.02.046>
- Lerici, C. R., Pinnavaia, G., Rosa, M. D., & Bartolucci, L. (1985). Osmotic Dehydration of Fruit: Influence of Osmotic Agents on Drying Behavior and Product Quality. *Journal of Food Science*, 50(5), 1217-1219. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1985.tb10445.x>
- Luan, F., Peng, L., Lei, Z., Jia, X., Zou, J., Yang, Y., He, X., & Zeng, N. (2021). Traditional Uses, Phytochemical Constituents and Pharmacological Properties of *Averrhoa carambola* L.: A Review. *Frontiers in Pharmacology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.699899/PDF>
- Petruzzzi, L., Campaniello, D., Speranza, B., Corbo, M. R., Sinigaglia, M., & Bevilacqua, A. (2017). Thermal Treatments for Fruit and Vegetable Juices and Beverages: A Literature Overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(4). <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12270>
- Puente, L., Lastreto, S., Mosqueda, M. J., Saavedra, J., & Cordova, A. (2010). Influence of osmotic pretreatment on the hot airdrying of Granny Smith apple. *Dyna*, 77(164), 274-283.
- Rosas, M., Fernández, M., & Arjona, R. (2012). The effects of ultrasonic pretreatment and structural changes during the osmotic dehydration of the 'Starking' apple (*Malus domestica* Borkh). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10(2), 299-305. <https://doi.org/10.5424/sjar/2012102-158-11>
- Sereno, A. M., Moreira, R., & Martinez, E. (2001). Mass transfer coefficients during osmotic dehydration of apple in single and combined aqueous solutions of sugar and salt. *Journal of Food Engineering*, 47(1),

43-49. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00098-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00098-4)

Sundarsingh, A., BhagyaRaj, G. V. S., & Dash, K. K. (2023). Modeling and optimization of osmotic dehydration of wax apple slices using adaptive neuro-fuzzy inference system. *Applied Food Research*, 3(2), 100316.

<https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100316>

Tomasz, H., & Beata, B. (2025). The Effect of Pre-Treatment on the Rehydration of Dried Apple Cube. *Applied Sciences*.

<https://doi.org/10.3390/app15031377>

Vicente, S. (2016). *Deshidratación osmótica de tejido de manzana: influencia de la naturaleza del agente osmótico y de la actividad de agua en la estructura, las propiedades reológicas y la movilidad molecular del agua*.

Xavier, F., & Gutiérrez, O. (2019). *Evaluation of osmotic dehydration as a tool for enrichment with bioactive compounds in apple*. 10(5), 1151-1156



Efecto de soluciones ácidas orgánicas sobre las propiedades colorimétricas y fisicoquímicas en cuatro variedades de papa deshidratada

Effect of Organic Acid Solutions on the Colorimetric and Physicochemical Properties of Four Dehydrated Potato Varieties

Whany Quispe Chambi¹, Severo Huaquipaco Encinas¹, Eneida Lilia Condor Quinte¹,
Erick Saul Toque Encinas², Constantin Mamani Mamani³

¹Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú

²Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú

³Colegio de Alto Rendimiento, Cusco, Perú

Autor de correspondencia:

Whany Quispe Chambi 

Historial del artículo:

Recibido el 6 de abril de 2025 | Aceptado el 16 de mayo de 2025 | Publicado el 20 de junio de 2025

RESUMEN

La papa de descarte es un alimento muy consumido, el pardeamiento es el principal problema, la deshidratación es una de las principales técnicas para prolongar su vida útil mejorando su conservación y transporte. El objetivo de la investigación es evaluar el impacto de soluciones ácidas orgánicas sobre las propiedades colorimétricas, fisicoquímicas y rendimiento de la papa deshidratada. Los métodos aplicados se basan en la Inmersión en soluciones de ácidos orgánicos (cítrico, acético y ascórbico) a 3.5 de pH, precocinados por 5 minutos y deshidratado a 60°C por 8 horas según el tamaño de corte de las muestras analizadas. Los resultados fueron determinados por el diseño experimental de comparación entre grupos por mediana y varianza. Como parámetros ópticos de color en croma C* existen diferencias marginales según las soluciones aplicadas con ($p=0.0698$), la tonalidad tuvo efecto significativo de ($p=0.024$) según la solución, en cuanto a los parámetros Fisicoquímicos la solución no presenta efecto significativo, pero la variedad de papa si presenta significancia de ($p<0.001$) en todas las propiedades, los resultados de rendimiento muestran que existe un nivel de significancia según la variedad de papa, siendo el mejor Ajo Suito con más del 35 %. Se concluye que existe efecto marginal en la cromaticidad y efecto significativo por las soluciones ácidas en la tonalidad, donde ácido acético a pH de 3.5. tuvo mejor efecto, para las propiedades Fisicoquímicas las soluciones ácidas no tuvieron efecto significativo, al evaluar el rendimiento fue significativo por la variedad de papa y no fue afectado por la aplicación de soluciones ácidas.

Palabras clave: ácidos orgánicos; colorimétrico; deshidratado; fisicoquímicas; papa.

ABSTRACT

Waste potatoes are a widely consumed food; browning is the main problem; dehydration is one of the main techniques to prolong their shelf life by improving their conservation and transportation. The objective of the research is to evaluate the impact of organic acid solutions on the colorimetric, physicochemical properties, and yield of dehydrated potatoes. The methods applied are based on immersion in organic acid solutions (citric, acetic, and ascorbic) at a pH of 3.5, precooked for 5 minutes, and dehydrated at 60°C for 8 hours depending on the cut size of the samples analyzed. The results were determined by the experimental design of comparison between groups by median and variance. As optical parameters of color in chroma C * there are marginal differences according to the solutions applied with ($p = 0.0698$), the tonality had a significant effect of ($p = 0.024$) depending on the solution, as for the Physicochemical parameters the solution does not present a significant effect, but the potato variety does present a significance of ($p < 0.001$) in all properties, the yield results show that there is a level of significance according to the potato variety, the best being Ajo Suito with more than 35 %. It is concluded that there is a marginal effect on chromaticity and a significant effect by acid solutions on the tonality, where acetic acid at pH 3.5 had the best effect, for the Physicochemical properties the acid solutions had no significant effect, when evaluating the yield it was significant by the potato variety and was not affected by the application of acid solutions.

Keywords: organic acids; colorimetric; dehydrated; physicochemical; potato.

INTRODUCCIÓN

La papa es uno de los alimentos más consumidos a nivel mundial, y su deshidratación es una de las principales técnicas para prolongar su vida útil, facilitar su conservación y transporte. Sin embargo, el proceso de deshidratación puede ocasionar alteraciones significativas en las propiedades sensoriales y fisicoquímicas del producto final. Entre los cambios más relevantes, se encuentran la alteración del color, la textura y las características nutricionales. En particular, el color de la papa deshidratada es un factor crucial para la aceptación del consumidor, ya que el pardeamiento, tanto enzimático como no enzimático, es un indicador negativo de calidad.

El pardeamiento de la papa deshidratada es uno de los principales problemas que enfrentan los productores, ya que afecta directamente la apariencia del producto. Este fenómeno puede ser causado por la oxidación de compuestos fenólicos, que son catalizados por la enzima polifenoloxidasas. Una forma de mitigar este problema es mediante la aplicación de soluciones ácidas orgánicas, como el ácido cítrico, tartárico o láctico, que pueden reducir el pH y, por lo tanto, inactivar la enzima responsable del pardeamiento. Sin embargo, el impacto de estos tratamientos sobre otras propiedades fisicoquímicas, como

la textura, la capacidad de absorción de agua, la solubilidad de los sólidos solubles y el contenido de nutrientes, no ha sido suficientemente estudiado, especialmente en diferentes variedades de papa.

La falta de estudios que analicen el efecto de las soluciones ácidas orgánicas sobre las propiedades colorimétricas y fisicoquímicas de la papa deshidratada limita la capacidad de la industria para optimizar este proceso. Además, la variabilidad en las respuestas de diferentes variedades de papa ante estos tratamientos hace que sea necesario investigar cómo cada tipo de papa reacciona a estas soluciones y si realmente se pueden mejorar sus características sin comprometer otras cualidades deseables del producto. Por lo tanto, es fundamental realizar investigaciones que proporcionen datos claros sobre los efectos de estas soluciones ácidas, con el fin de desarrollar estrategias efectivas para mejorar la calidad de la papa deshidratada y satisfacer las exigencias del mercado.

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, destacando por su valor nutricional y su capacidad de adaptación a diversas condiciones agroclimáticas (Turner, 2016). Es un alimento básico en muchas dietas debido a su versatilidad y bajo costo, particularmente en países en desarrollo, donde constituye una

fuerza significativa de calorías (Boutsika et al., 2022). Sin embargo, a pesar de sus beneficios, la papa experimenta alteraciones en su calidad, siendo el pardeamiento enzimático uno de los fenómenos más comunes. Este proceso, catalizado por enzimas como el polifenol oxidasa (PPO), afecta tanto las propiedades organolépticas como el valor nutricional de la papa, especialmente en productos mínimamente procesados, como la papa deshidratada (Borras, 2018; Hamdan et al., 2022).

El control del pardeamiento enzimático ha sido un desafío clave en la industria alimentaria. Tradicionalmente, se han empleado compuestos como los sulfitos, aunque su uso es limitado debido a sus efectos adversos sobre la salud de los consumidores (Boutsika et al., 2022). En este contexto, se han explorado soluciones ácidas orgánicas como el ácido cítrico y el ácido ascórbico como alternativas eficaces y más saludables. Estos ácidos han mostrado su capacidad para inhibir la actividad de la PPO, reduciendo así el pardeamiento de las papas (Hernández & Briceño, 2009). Además, estudios recientes han indicado que extractos vegetales ricos en antioxidantes, como los de perejil y verdolaga, también, pueden inhibir la actividad enzimática responsable del pardeamiento, ofreciendo opciones naturales y menos invasivas para la industria alimentaria (Liu et al., 2019).

En paralelo, la aplicación de tecnologías innovadoras como la ultrasonografía ha demostrado ser eficaz para mejorar la calidad y la vida útil de las papas deshidratadas. El tratamiento con ultrasonidos, en combinación con extractos vegetales como el de verdolaga, ha mostrado reducir la actividad de la PPO y otras enzimas, contribuyendo a mantener la frescura y la conservación del producto durante el almacenamiento (Zhu et al., 2021). Asimismo, el uso de soluciones de lavado con compuestos como ácido aspártico y cloruro de sodio ha mostrado efectos positivos en la prevención del pardeamiento, al modular la actividad enzimática y preservar la integridad del producto durante su conservación (Feng et al., 2020; Ma et al., 2022).

La investigación sobre el control del pardeamiento enzimático y sus implicaciones en las propiedades colorimétricas y fisicoquímicas de la papa deshidratada ha ganado importancia en los últimos años. Los estudios han demostrado que los ácidos orgánicos pueden tener un impacto directo no solo en la inhibición del pardeamiento, sino también en la mejora de la apariencia visual y la retención de nutrientes, como la vitamina C (Sun et al., 2020). Además, se ha evidenciado que estos ácidos modifican la estructura del almidón en las papas, afectando su gelatinización y viscosidad, lo que puede influir en la textura final de los productos (Hung et al., 2017). Este enfoque, combinado con tecnologías como el uso de agua electrolizada ácida, también, ha mostrado ser eficaz en la reducción de la actividad de la PPO y en la mejora de las características colorimétricas de productos frescos de papa, manteniendo sus propiedades nutricionales (Giannakourou & Taoukis, 2021; Liu et al., 2021).

El objetivo del presente estudio es evaluar el efecto de las soluciones ácidas orgánicas sobre las propiedades colorimétricas, fisicoquímicas y rendimiento, en cuatro variedades de la papa deshidratada.

La durabilidad de los alimentos es crucial para asegurar que sus características físicas, nutricionales, fisicoquímicas y microbiológicas, se mantengan intactas y no representen un riesgo para la salud. El tiempo de vida útil, determinado por la humedad final y un buen envasado determina su caducidad, siendo un indicador muy importante en la conservación de un alimento. Teniendo en cuenta que los productos de descarte, como la papa en los mercados son desechados, pudiéndose aprovechar aún como alimento con valor agregado y aplicación de técnicas agroindustriales para el consumo humano, un procesado con tecnologías suaves sin químicos y con mínimo impacto térmico.

Muñoz (2014) menciona que la papa es nutritiva, relativamente baja en calorías, prácticamente libre de grasas y colesterol. Es alta en potasio y vitamina C, la cual tiene una capacidad de combatir resfríos y gripes.

La papa es una fuente importante de almidón, lo que la convierte en una buena

fuerza de energía. Los carbohidratos son esenciales para prevenir la fatiga y los desequilibrios nutricionales, y la papa ofrece una alternativa con menos calorías y grasas en comparación con otras fuentes como el arroz, el pan y la pasta.

En países en desarrollo como el Perú, la alta competencia de productos importados, tanto frescos como procesados, exige un aumento en la producción nacional de alimentos. Esto implica impulsar la agroindustria mediante el aprovechamiento de materias primas vegetales, fortaleciendo así la cadena agroalimentaria nacional. En este contexto, es crucial revalorizar los productos andinos, dedicando mayor atención a su cultivo, consumo e industrialización. La papa, un tubérculo energético y de fácil digestión, ideal para personas con problemas gástricos, hepáticos o intestinales, también, aporta un porcentaje significativo de calcio para la salud ósea (FAO, 2008). De ahí, la relevancia de estudiar la deshidratación de la papa de descarte del mercado de Acobamba, buscando un producto final inocuo y confiable para el consumo, así como buenas características de color y textura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los procesos de la investigación, los análisis de color y fisicoquímicos se desarrollaron en las instalaciones del laboratorio de Frutas y hortalizas, la evaluación de rendimiento se realizó en el laboratorio de análisis de composición de productos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Huancavelica, filial Acobamba.

Las muestras para el presente estudio fueron cuatro variedades de papa de descarte (Ajo suytu, Amarilla runtush, Peruanita, Saqta mati), adquiridas de la zona de Pomavilca ubicado en el distrito de Acobamba, Provincia de Acobamba, Departamento de Huancavelica, las mismas que se presentaron en dados de 1*1cm de cada lado, previamente lavado, desinfectado y cortado en dados, colocados en soluciones de ácidos orgánicos de pH controlado, con el objeto de conservar el color de la muestra fresca. Teniendo como variables de estudio 4

variedades de papa, cuatro diferentes soluciones de ácidos orgánicos a 3.5 de pH, con tratamiento de precocción de 5 min cada muestra y por un tiempo de deshidratación de 8 horas a 60 °C. Para la evaluación de los tratamientos, el diseño experimental utilizado fue de comparación entre grupos por mediana y varianza.

La determinación de la característica óptica cromáticas está definida por la escala CIElab L*, a* y b*. mostrados en la Figura 1. las puntuaciones obtenidas se utilizaron para calcular magnitudes derivadas que son la croma (C*) y un ángulo de tono (H*) según las ecuaciones.

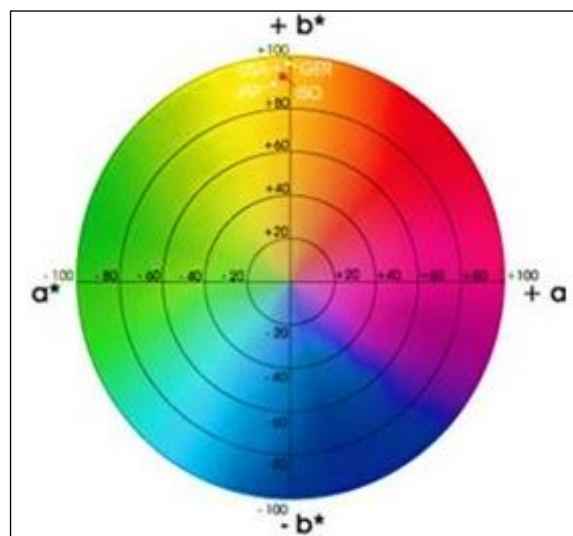


Figura 1. Escala cromática L*, a* y b*

Ecuaciones:

$$\text{Chroma (C*)} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$\text{Hue Angle (H*)} = \arctg(b^*/a^*) \times (360^\circ/2\pi)$$

La concentración de sólidos solubles se determinó con el Refractómetro digital ATAGO PAL-1, dentro del rango de 0 a 53° Brix, por análisis directo a la célula de medición de acero inoxidable y prisma.

El contenido de humedad fue realizado según el método de estufa, utilizando el peso inicial y peso final para la determinación empleando la ecuación.

Los equipos y materiales empleados en el desarrollo del estudio fueron:

1. Colorímetro de precisión NR10QC, 5V= 2A, modelo 3nh, longitud de onda entre 100 a 700 nm.
2. Refractómetro digital ATAGO PAL-1, Rango: 0 – 53 % de grados Brix.
3. Termómetro de punzón, Rango -50°C +/- 300°C.
4. Penetrómetro manual, modelo Fruit hardness tester FHT-15.
5. Deshidratador KRETOR, capacidad 8 Kg, 8 bandejas, potencia 400W, corriente 220V, tiempo 30 minutos a 24 horas.
6. pH metro de sensor manual, rango 0.00-14.00, rango de temperatura 0°C-50°C, modelo PH818 Smart,
7. Matraz erlenmeyer marca pyrex, material de vidrio de capacidad 250ml.
8. Pipetas de vidrio graduadas, con capacidad de: 0.5ml, 1ml, 5ml y 10ml.
9. Vaso de precipitado marca pyrex, material de vidrio de forma baja graduado, capacidad de 100ml y 200ml.
10. Balanza analítica, sensibilidad 0.0001g, capacidad máxima 2200g Marca Axiis

Para el estudio, los tratamientos que se consideraron se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos evaluados

Trata- miento	Variedad	Solución
T1	Saqta mati	Ácido cítrico industrial
T2	Peruanita	Ácido cítrico industrial
T3	Ajo suyto	Ácido cítrico industrial
T4	Amarilla runtush	Ácido cítrico industrial
T5	Saqta mati	Ácido acético
T6	Peruanita	Ácido acético
T7	Ajo suyto	Ácido acético
T8	Amarilla runtush	Ácido acético
T9	Saqta mati	Ácido cítrico
T10	Peruanita	Ácido cítrico
T11	Ajo suyto	Ácido cítrico

T12	Amarilla runtush	Ácido cítrico
T13	Saqta mati	Ácido ascórbico
T14	Peruanita	Ácido ascórbico
T15	Ajo suyto	Ácido ascórbico
T16	Amarilla runtush	Ácido ascórbico

RESULTADOS

Determinación de las características cromáticas.

En la Figura 2, se muestra los resultados de las propiedades ópticas del color para las muestras de los 16 tratamientos, donde se observa valores para croma (C*) por variedades y la interacción con el tratamiento de los ácidos, presentan un efecto marginal ($p=0.0698$).

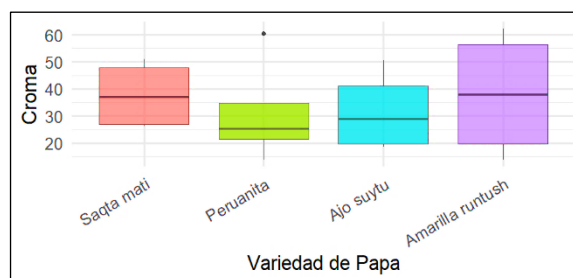


Figura 2. Croma de los tratamientos

En cuanto a los parámetros de ángulo de tono (H^* de la escala CIELab para las cuatro muestras y 16 tratamientos de papa deshidratada se aprecia en la Figura 3, en la cual se observa que se tiene un efecto significativo, por los tipos de soluciones que se emplearon en los tratamientos con ($p=0,024$).

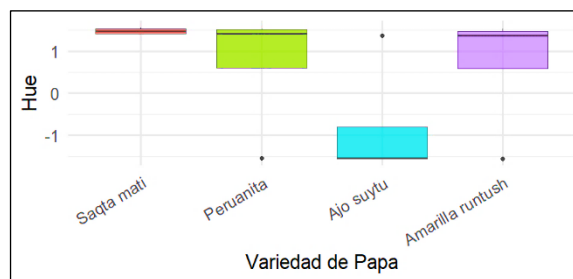


Figura 3. Ángulo de tono de los tratamientos

Determinación de características Físicoquímicas

Determinación de dureza

Cada boxplot representa la distribución de dureza para los 16 tratamientos, en el cual se observa en la Figura 4, con mayor dureza a la variedad de Ajo suytu con un nivel de significancia ($p = 3.54e-06$). y a la de menor dureza a la variedad Peruanita considerando los distintos tipos de ácido como parte del estudio.

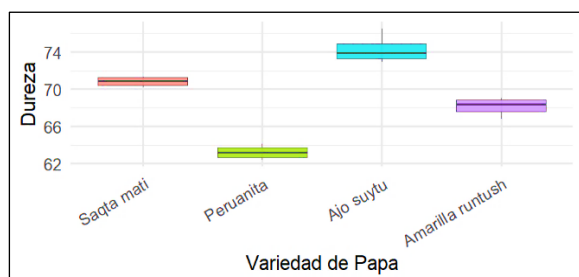


Figura 4. Dureza por variedad de papa y tipo de ácido

Evaluación de pH.

Podemos observar que, conforme aumenta la deshidratación, pasando de baja a alta, el pH tiende a tener efecto en la variedad Ajo suytu con un nivel de confianza ($p = 9.53e-10$) de pH en la Figura 5, lo que significa el afecto de equilibrio acido-base en esta variedad.

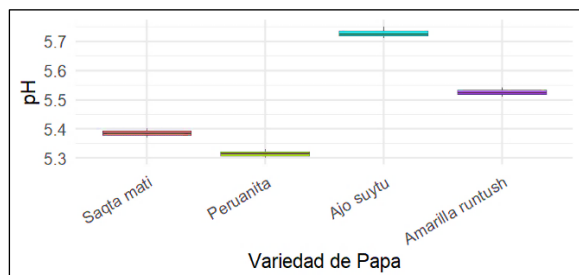


Figura 5. pH por variedad de papa y tipo de ácido

Determinación de °Brix

El °Brix tiende a concentrarse con la deshidratación en la variedad de Ajo suytu, entonces en la Figura 6, refiere que incrementa de sólidos solubles en la solución con un valor de significancia de ($p = 4.01e-11$).

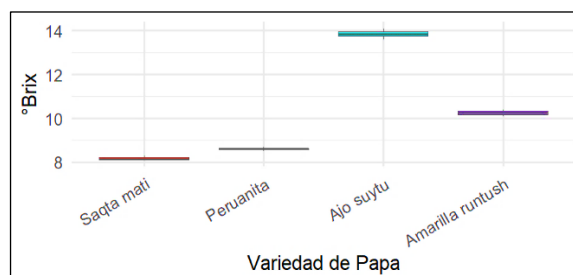


Figura 6. °Brix por variedad de papa y tipo de ácido

Determinación de Humedad

Se observa que la humedad disminuye conforme aumenta el nivel de deshidratación. En la Figura 7, existe el nivel de significancia de ($p = 2.05e-05$) en el factor ácido en el proceso de deshidratación con la variedad Ajo suytu, mientras que en el factor papa y papa: ácido, no se observaron.

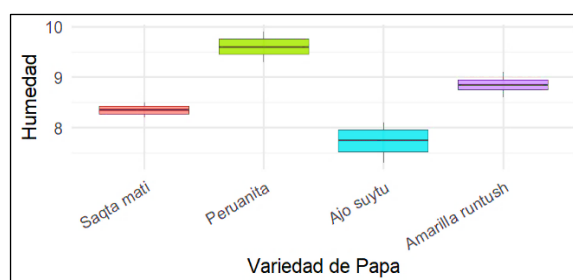


Figura 7. Humedad por variedad de papa y tipo de ácido

Determinación de rendimiento

Para evaluar el rendimiento de la producción de papa deshidratada, se realizó un análisis estadístico centrado en la cantidad de papa deshidratada obtenida por variedad de materia prima, en relación con los factores involucrados: variedad de papa (papa), tipo de ácido (ácido), y la interacción entre ambos (papa:ácido). Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para este objetivo se presentan a continuación:

Tabla 2. Resumen sobre el rendimiento

Factor	dF	SS	MS	F-value	Pr(>F)	Significancia
Papa	1	455.80	35.097	35.097	6.99e-05	***
Ácido	1	0	0	0.001	0.982	No
Papa:ácido	1	0	0	0.000	0.988	No
Residuals	12	155.8	13.000			

Los resultados sugieren que el rendimiento de las papas deshidratadas, medido a través de sus propiedades fisicoquímicas y colorimétricas, depende principalmente de la variedad de papa. Es decir, las diferencias observadas en las características de las papas deshidratadas no se deben a las soluciones ácidas orgánicas ni a la interacción entre las papas y los ácidos aplicados.

Los ácidos utilizados, en este caso, no parece tener un impacto significativo en las propiedades estudiadas. Tampoco, se observa que la combinación entre la variedad de papa y el tipo de ácidos tenga un efecto relevante en los resultados obtenidos. Estos hallazgos son importantes porque indican que la elección del ácido no es crucial para modificar las características fisicoquímicas y colorimétricas de las papas deshidratadas, lo que podría simplificar los procesos industriales y aumentar la eficiencia en la producción.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el factor variedad de papa (papa) muestra una diferencia significativa con un p-value de 6.99e-05, lo que indica que la variedad de papa influye de manera considerable en la cantidad de papa deshidratada obtenida. En contraste, ni el tipo de ácido (ácido) ni la interacción entre la papa y el ácido (papa:ácido) presentan un efecto significativo sobre el rendimiento, con p-values de 0.982 y 0.988 respectivamente.

DISCUSIÓN

La variación del color depende del tratamiento que recibieron, así como de la temperatura de aplicación. Estos factores afectan notablemente el color de las muestras

(Castro, 2009). Sin embargo, en el caso de los 16 tratamientos, podemos apreciar que el tratamiento de temperatura de deshidratación no influyó en el color una vez que el producto fue deshidratado, pero sí la variedad de las papas influye de manera significativa en el color.

En el caso de derivados de la papa, es natural que ocurran reacciones de oscurecimiento no enzimático, lo que determina en gran medida el color. Estos afectan la calidad del producto y representan un área importante de investigación, y tiene implicación en la estabilidad, así como aspectos relacionados con nutrición y salud (Manzocco et al., 2001; Van Boekel 1998). Durante los tratamientos térmicos, se muestran las diferencias. Lo mismo podemos afirmar en el caso de los tratamientos de las papas deshidratadas realizadas, teniendo en cuenta que la variabilidad influye directamente y las interacciones con las soluciones ácidas controlaron el pardeamiento, influyendo significativamente en su variación de color. Con el estudio, se mostró que la naturaleza de los ácidos aplicados conserva mejor el color del producto terminado, lo que no fue lo mismo con el ácido industrial.

La variedad de papa tiene una influencia considerable en la cantidad de papa deshidratada obtenida, con un p-value de 6.99e-05, lo cual concuerda con investigaciones previas que han señalado que la variedad de papa afecta diversas propiedades de calidad y rendimiento en productos deshidratados. Por ejemplo, un estudio sobre la calidad de las papas fritas encontró que las diferentes variedades impactan la textura y el sabor, aunque no hubo diferencias significativas en el tiempo de blanqueo ni en la composición química entre las variedades (Kullkarni et al., 1994).

Además, se ha observado que la variedad de papa es un factor crucial para los atributos de la harina de batata, sugiriendo que la elección de la variedad es fundamental para optimizar tanto el rendimiento como la calidad del producto final (Olatunde et al., 2015). Por otro lado, el tipo de ácido y la interacción entre la variedad de papa y el ácido no tuvieron un impacto significativo en

el rendimiento de la papa deshidratada, con p-values de 0.982 y 0.988, respectivamente.

Esto indica que, aunque los tratamientos ácidos pueden afectar ciertas características de la calidad, como la retención de vitamina C y el color, no influyen significativamente en el rendimiento de deshidratación en este caso específico. Este resultado coincide con estudios previos que han demostrado que la temperatura es el factor principal que afecta la tasa de secado de las papas, superando el efecto de los tratamientos con ácidos (Sun et al., 2020).

CONCLUSIONES

Se evaluó el color entre las cuatro variedades de papa. El análisis mostró un efecto marginal por la aplicación de los ácidos en la cromaticidad, cuya tendencia fue variando, en cuanto a la tonalidad por acción de los ácidos orgánicos aplicados sí tuvo efecto significativo, siendo el mejor para estos parámetros ópticos, el ácido acético a pH de 3.5 por tiempo de 30 minutos, lo que se sugiere controlar por mayor tiempo.

Se logró determinar y caracterizar las propiedades fisicoquímicas de la papa deshidratada, sin influir significativamente entre las propiedades como: humedad, Brix, pH y dureza. Asimismo, el tipo de ácido tiene efecto significativo en las propiedades de pH ($p = 9$) de ácido y dureza con ($p = 3,54$) de ácido, mientras que las medidas que la variedad de papa y la interacción ácido-papa no son relevantes

Se evaluó el rendimiento de la producción de papa deshidratada, observando que depende significativamente de la variedad de papa. Factores como el contenido de almidón y la capacidad de retención de agua son determinantes en la cantidad final obtenida. En contraste, el tipo de ácido aplicado no afecta el rendimiento, ni la interacción entre la variedad de papa y el ácido. Por lo tanto, la variedad de papa es el factor clave, mientras que el ácido y su combinación con la variedad no influyen de manera significativa.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS


- Borras VB. (2018). Inhibición Del Pardeamiento Enzimático En Patata Utilizando Extractos De Perejil. Universidad Pública de Navarra. Universidad Pública de Navarra. <https://tinyurl.com/2kqv4vt5>
- Boutsika A, Tanou G, Xanthopoulou A, Samiotaki M, Nianiou-Obeidat I, Ganopoulos I, et al. (2021). Insights and advances in integrating multi-omic approaches for potato crop improvement. *Sci Hortic (Amsterdam)* [Internet]. 2022;305(April):111387. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111387>
- Feng Y, Liu Q, Liu P, Shi J, Wang Q. (2020). Aspartic Acid Can Effectively Prevent the Enzymatic Browning of Potato by Regulating the Generation and Transformation of Brown Product. *Postharvest Biol Technol*;166(December 2019):111209. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111209>
- Giannakourou MC, Taoukis PS. (2021). Effect of Alternative Preservation Steps and Storage on Vitamin C Stability in Fruit and Vegetable Products: Critical Review and Kinetic Modelling Approaches. *foods*;10: 2630.
- Hamdan N, Lee CH, Wong SL, Fauzi CENCA, Zamri NMA, Lee TH. (2022). Prevention of Enzymatic Browning by Natural Extracts and Genome-Editing: A Review on Recent Progress. *Molecules* 27(3):1-37. <https://doi.org/10.3390/molecules27031101>
- Hernández ME, Briceño B. L. (2009). Evaluación del pardeamiento enzimático durante el almacenamiento en congelación del puré de Palta (Persea americana Mill) Var. Hass. *An Científicos*;70(4):1-8. <https://doi.org/10.21704/ac.v70i4.537>
- Hung P Van, Thi N, Huong M, Thi N, Phi L. (2017). *International Journal of Biological*

- Macromolecules Physicochemical characteristics and in vitro digestibility of potato and cassava starches under organic acid and heat-moisture treatments. *Int J Biol Macromol*;95: 299-305.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.11.074>
- Kulkarni, K., Govinden, N., & Kulkarni, D. (1994). Crisp quality of two potato varieties: Effects of dehydration and rehydration. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 64, 205-210.
<https://doi.org/10.1002/JSFA.2740640209>
- Liu X, Yang Q, Lu Y, Li Y, Li T, Zhou B, et al. (2019). Effect of purslane (*Portulaca oleracea* L.) extract on anti-browning of fresh-cut potato slices during storage. *Food Chem*;283(October 2018):445-53.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.058>
- Liu, Yu Z long, Sun Yin, Zhou S mei. (2021). The enzymatic browning reaction inhibition effect of strong acidic electrolyzed water on different parts of sweet potato slices. *Food Biosci*;43(May):101252.
<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101252>
- Ma Y, Wang H, Yan H, Malik AU, Dong T, Wang Q. (2021). Pre-cut NaCl solution treatment effectively inhibited the browning of fresh-cut potato by influencing polyphenol oxidase activity and several free amino acids contents. *Postharvest Biol Technol*;178(September 2020):111543.
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111543>
- Olatunde, G., Henshaw, F., Idowu, M., & Tomlins, K. (2015). Quality attributes of sweet potato flour as influenced by variety, pretreatment and drying method. *Food Science & Nutrition*, 4, 623-635.
<https://doi.org/10.1002/fsn3.325>
- Sun X, Jin X, Fu N, Chen X. (2020). Effects of different pretreatment methods on the drying characteristics and quality of potatoes. *Food Sci Nutr - Wiley*; 1:1-9.
[doi:10.1002/fsn3.1579](https://doi.org/10.1002/fsn3.1579)
- Sun, X., Jin, X., Fu, N., & Chen, X. (2020). Effects of different pretreatment methods on the drying characteristics and quality of potatoes. *Food Science & Nutrition*, 8, 5767-5775.
<https://doi.org/10.1002/fsn3.1579>
- Turner S. (2016). Potatoes and Related Crops. Role in the Diet. *Encycl Food Heal* 452-7. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00555-9>
- Zhu Y, Du X, Zheng J, Wang T, You X, Liu H, et al. (2020). The effect of ultrasonic on reducing anti-browning minimum effective concentration of purslane extract on fresh-cut potato slices during storage. *Food Chem*; 343(October 2020):128401.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128401>



Impacto de la quema de pastizales sobre la degradación de suelos en las zonas altoandinas de la región Huánuco

Impact of Grassland Burning on Soil Degradation in the High-Andean Areas of the Huánuco Region

Raúl Antonio Nolberto Coz¹ 

¹Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú

Autor de correspondencia:

Raúl Antonio Nolberto Coz 

Historial del artículo:

Recibido el 1 de abril de 2025 | Aceptado el 30 de mayo de 2025 | Publicado el 20 de junio de 2025

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el impacto de la quema de pastizales en la degradación del suelo, analizando cambios en sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Se llevó a cabo en la localidad de Calanca, distrito de Jesús, provincia de Lauricocha, región Huánuco, en el año 2024. Se realizaron muestreos de suelos en parcelas con quema de pastizales y en parcelas sin quema, para evaluar las propiedades físicas, químicas; biológicas del suelo. Los muestreos se realizaron después de 5 días de la quema del pastizal a profundidad de 20 cm. Los resultados mostraron cambios en la textura, densidad aparente y porosidad del suelo. Los valores de pH y CIC, el contenido de materia orgánica, fósforo, potasio, cationes cambiabiles, y la población de la macrofauna disminuyeron por efecto de la quema de los pastizales. Los valores de las propiedades físicas, químicas y biológicas se encuentran en niveles bajos. Estos cambios indican una degradación del suelo que puede afectar la productividad agrícola y ganadera en la región. La quema de pastizales tiene un impacto negativo en la calidad del suelo. Se recomienda implementar prácticas de manejo sostenible para mitigar estos cambios negativos.

Palabras clave: quema de pastizales; propiedades del suelo; degradación de suelos; sostenibilidad agrícola

ABSTRACT

The aim of the study was to evaluate the impact of grassland burning on soil degradation, analyzing changes in their physical, chemical, and biological properties. It was carried out in the town of Calanca, district of Jesús, province of Lauricocha, Huánuco region, in the year 2024. Soil sampling was carried out in plots with grassland burning and in plots without burning, to evaluate the physical and chemical properties; biological of the soil. Sampling was carried out after 5 days of burning the grassland at a depth of 20 cm. The results showed changes in soil texture, bulk density, and porosity. The values of pH and CEC, the content of organic matter, phosphorus, potassium, changeable cations, and the population of macrofauna decreased due to the of macrofauna decreased due to the effect of the burning of the grasslands. The values of physical, chemical and biological properties are at low levels. These changes indicate soil degradation that can affect agricultural and livestock productivity in the region. Grassland

burning has a negative impact on soil quality. It is recommended to implement sustainable management practices to mitigate these negative changes.

Keywords: grassland burning; soil properties; soil degradation; agricultural sustainability

INTRODUCCIÓN

La degradación de los suelos en la sierra peruana es un problema grave que afecta tanto la agricultura como los ecosistemas locales. El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi, 2023) ha reportado que el 90 % de las tierras presenta una erosión de moderada a severa, el cual es la última etapa de la degradación con superficies sin vegetación, infértil, improductiva. Entre los factores de la degradación de los suelos, destaca la quema de la cobertura vegetal. La degradación de suelos por la quema de pastizales en la sierra del Perú es un problema ambiental significativo. Según el Ministerio del Ambiente (Minam, 2024), esta práctica, utilizada para la renovación de pastos para el ganado, tiene impactos negativos tanto en la fertilidad del suelo como en su capacidad de retención de agua. La quema de pastizales destruye las materias orgánicas y nutrientes esenciales del suelo, como el nitrógeno y el fósforo, lo que disminuye su capacidad para sostener la vegetación. Sin la cubierta vegetal, el suelo queda expuesto a la acción del viento y la lluvia, lo que acelera los procesos de erosión, perdiéndose las capas más fértiles.

La evaluación de la degradación de suelos debido a la quema de pastizales en las zonas altoandinas de Huánuco es crucial para comprender el impacto ambiental y socioeconómico en estas áreas vulnerables. La quema de pastizales, una práctica común para renovar la vegetación puede tener efectos negativos en la fertilidad del suelo, el equilibrio hídrico y la biodiversidad. Estos efectos pueden causar la pérdida de capacidad productiva del suelo y aumentar la susceptibilidad a la erosión y desertificación (Caballero, 2017). Según Román (2023), una evaluación adecuada puede facilitar la recuperación natural y la sostenibilidad de los ecosistemas de pastizales en zonas altoandinas afectadas por incendios. Estos estudios son relevantes, que permiten

conocer las condiciones de regeneración del suelo, contribuyendo a políticas de conservación y uso racional de los recursos naturales.

En este contexto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el impacto de la quema de pastizales en la degradación de los suelos en las zonas altoandinas de la región Huánuco, mediante la identificación de cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y analizar las implicaciones socioeconómicas de estos cambios en la agricultura y la ganadería local.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de investigación estuvo ubicada en la localidad de Calanca, caserío de Corian, distrito De Jesús, provincia de Lauricocha, región Huánuco, a 15 km de la ciudad de Jesús. El estudio se llevó a cabo en el mes de octubre año 2024. La zona de estudio se caracterizó por presentar un clima frío debido a su altitud de 3678 m s. n. m. Las temperaturas promedio oscilan entre 2°C y 14°C, con una temperatura media alrededor de los 7°C. Los meses de lluvias son frecuentes, con un promedio de 15 días de lluvia y una precipitación acumulada de 56 mm mensuales. La velocidad del viento promedio en esta región es de aproximadamente 10 km/h, lo que contribuye a la sensación de frío en la zona. Se ubica entre las coordenadas Latitud -10.098732, longitud -76.64036 (Senamhi, 2024). El uso actual del suelo es de pastizal, cuya cobertura es pastura natural. Esta investigación es de tipo aplicada y nivel explicativo.

Muestreo de suelos

Para la obtención de la muestra de suelo, se tuvo en cuenta las siguientes etapas:

1. Definición del área de estudio: se delimitó la zona afectada por el incendio mediante un croquis del terreno.

2. Selección del método de muestreo: el método de muestreo elegido es el sistemático o por cuadrícula, dividiendo el área en secciones iguales para tomar muestras en puntos específicos.
3. Preparación del muestreo: se retiraron los restos superficiales como cenizas y vegetación quemada que puedan alterar los resultados. Se emplearon herramientas desinfectadas para evitar contaminación.
4. Extracción de muestras: se tomaron las muestras a profundidades de 5-20 cm.
5. Número y composición de muestras: en cada punto, se combinan varias submuestras para formar una muestra compuesta representativa del área. Esto permite analizar la variabilidad del suelo.
6. Almacenamiento y transporte: las muestras se colocaron en bolsas herméticas etiquetadas con la fecha, profundidad y ubicación exacta. Se almacenaron en condiciones frescas para evitar degradación antes del análisis.



Figura 1. Muestreo de suelos en la parte quemada

Para determinar los cambios físicos, químicos y biológicos que impactan su capacidad productiva y ecológica, se empleó la siguiente metodología:

1. Determinación de propiedades físicas:
 - Textura: la proporción de arena, limo y arcilla.

- Densidad aparente: la compactación que puede haberse incrementado por el calor.
- Porosidad: depende de la textura y estructura del suelo.

2. Análisis químico:

- pH: El fuego puede alterar la acidez del suelo.
- Conductividad eléctrica: detección de la acumulación de sales.
- Materia orgánica (MO): determinación de la pérdida de MO debido a la combustión.
- Cenizas y nutrientes: medición del contenido de calcio, potasio, y fósforos liberados durante el incendio.

3. Evaluación biológica:

- Microbiología del suelo: cuantificación de los organismos en el suelo.

4. Interpretación: comparación de los resultados entre áreas sin y con quema; propuesta de estrategias de recuperación

RESULTADOS

Propiedades físicas del suelo

Textura

La parcela sin quema (Tabla 1) presenta suelos de textura franco arcillo limoso, mientras que la parcela quemada tiene textura franca; esto indica que ha sufrido cambios en las fracciones texturales, el porcentaje de arena aumento y hubo una ligera disminución de la fracción limo y arcilla.

Tabla 1. Cambios de los valores de las propiedades físicas del suelo

Propiedad	Sin quema	Con quema	Degradación
Textura	Franco arcillo limoso	Franco	Baja
Arena	32 %	46 %	

Arcilla	27 %	17 %	
Limo	41 %	37 %	
Densidad aparente	1.45 g/m ³	1.51 g/cm ³	Media
Porosidad	43.15 %	45.05 %	Baja

Densidad aparente

La Tabla 1 muestra la densidad aparente del suelo evaluada en las parcelas sin quema de pastizal y con quema de pastizal; se observa que existe una variación de 1.45 a 1.51 g/cm³, y que se incrementa la densidad aparente por efecto de la quema.

Porosidad

La porosidad aumenta después de la quema de los pastizales en 1,9 por ciento. Se observa que existe la tendencia de cambio en sus valores, aunque este no es significativo.

Propiedades químicas del suelo

pH

En la Tabla 2, se observa que el pH del suelo disminuye numéricamente de 4.39 a 4.34, después de la quema y son considerados suelos fuertemente ácidos.

Nitrógeno

La Tabla 2 muestra que el contenido de N en el suelo muestreado (sin quema, y después de la quema) no sufrió ningún cambio y los valores encontrados de 0.06 % son considerados de nivel bajo y altamente degradados.

Fósforo

El fósforo (Tabla 2) disminuye por efecto de la quema de 12.85 a 12.75 ppm, manteniéndose en contenidos medios. Estos datos indican la tendencia de degradación del suelo en el contenido de fósforo por efecto de la quema.

Tabla 2. Degradación de las propiedades químicas del suelo

Propiedad	Sin quema	Con quema	Degradación
pH	4.39	4.34	Alta
N (%)	0.06	0.06	Alta
P (ppm)	12.85	12.75	Media
K ₂ O (kg ha ⁻¹)	79.96	65.48	Alta

Potasio

En los resultados del estudio (Tabla 2), se observa que contenido de K₂O fue de 79,96 kg ha⁻¹ en los suelos sin quema y en los suelos quemados fue de 64,97 kg ha⁻¹, estos valores son considerados como niveles bajos consecuentemente son suelos con alta degradación en potasio.

Capacidad de intercambio catiónico efectiva

La Tabla 3 muestra el análisis químico del suelo en cuanto a la CIC, el cual disminuye de 7 a 6.36 Cmol(+)/kg después de la quema. En la CIC efectiva (cationes del suelo Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Al⁺⁺⁺ y H⁺), existe una ligera disminución del Ca⁺⁺ después de la quema al igual que el Mg⁺⁺; asimismo, se observa una disminución del Al⁺⁺⁺ pasando de 2.8 a 2.50 Cmol (+)/kg, el H⁺ tiene un comportamiento similar al Al⁺⁺⁺. En general, la concentración de los cationes en el suelo disminuye por efecto de la quema.

Porcentaje de bases cambiables

El incremento del porcentaje de bases cambiables de 47.11 % en un suelo sin quema a 51.26 % después de la quema, es debido a la concentración de aluminio e hidrogeno. Al disminuir la saturación de aluminio e hidrógeno, aumenta la saturación de bases cambiables. Estos valores son considerados como niveles bajos de bases cambiables en el suelo.

Tabla 3. Capacidad de intercambio catiónico

Propiedad	Sin quema	Con quema
-----------	-----------	-----------

CIC	7 Cmol(+)/kg	6.36 Cmol(+)/kg
Ca	2.28 Cmol/kg	2.27 Cmol/kg
Mg	1.02 Cmol/kg	0.99 Cmol/kg
Al	2.80 Cmol/kg	2.50 Cmol/kg
H	0.90 Cmol/kg	0.60 Cmol/kg
Bases cambiables	47.11 %	51.26 %
Ácidos cambiables	52.89 %	48.74 %
Saturación de aluminio	40.03 %	39.31 %

Porcentaje de acidez cambiabile

En la Tabla 6, se observa la disminución de acidez cambiabile del suelo varia de 52.89 % a 48.74 %. Se debe a la disminución de la concentración de aluminio e hidrógeno.

Porcentaje de saturación de aluminio

El porcentaje de saturación de aluminio en el suelo sin quema es de 40.03 %, por efecto de la quema disminuye a 39.31 %.

Propiedades biológicas del suelo

Materia orgánica

Los datos sobre la materia orgánica (Tabla 4) indican que existe una disminución por efecto de la quema. Estos valores se encuentran en niveles bajos y se consideran suelos con alta degradación.

Tabla 4. Contenido de materia orgánica en el suelo

Propiedad	Sin quema	Con quema	Degradación
M.O. (%)	1.40	1.35	Alta

Macrofauna

Durante la investigación, se identificaron un total de 18 individuos de macrofauna en suelos sin quema y 7 individuos en los suelos después de la quema (Tabla 5). Las lombrices de tierra son las más importantes, seguidas de las larvas de *Phillophaga*, lo cual indica que la degradación biológica es alta.

Tabla 5. Efecto de la quema en la macrofauna del suelo

Fauna	Sin quema ind/m ²	Con quema ind/m ²	Degradación
Larvas de <i>Phillophaga</i> sp	5	2	Alta
Milpiés	4	1	
Lombrices de tierra	6	3	
Arañas	3	1	
Total	18	7	

DISCUSIÓN

Propiedades físicas

Los cambios en el porcentaje de las fracciones texturales es debido a la erosión hídrica que se dio después de la quema. Al respecto, Valdés et al. (2016) notaron que las características físicas de la tierra cambian después de los incendios, lo que lleva a cambios en su composición textural.

El cambio de la densidad aparente del suelo por efecto de la quema está relacionado al cambio de la textura y la cantidad de materia orgánica son suelo suelto y poroso; encontrándose en los rangos de las partículas minerales de un suelo Franco Arcilloso propuesto por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA, 1999) y Acevedo y Martínez (2003), quienes manifiestan que para típicas densidades aparentes de la tierra oscilan entre 1.0 y 1.7 g/cm³ coincide con lo que manifiesta Sánchez (2007), que la densidad aparente varía con la porosidad del suelo, la textura, el contenido de materia orgánica y la estructura. Por otro lado, Prichett (1990) afirma que la densidad, porosidad y circulación de agua, así como el aire en el suelo son propiedades estrechamente relacionadas.

Prácticas y técnicas para recuperar la degradación física del suelo: incorporación de materia orgánica como abono orgánico para incrementar la porosidad, reducir la densidad aparente y mejorar la textura del suelo. Estos materiales favorecen la retención de agua y nutrientes, promoviendo una estructura de

suelo más estable. Instalar especies de cobertura, ya que estos ayudan a proteger el suelo de la erosión, mejoran la estructura del suelo y aumentan la porosidad. Estas plantas, también, contribuyen a la retención de humedad y a la introducción de materia orgánica en el suelo al descomponerse. Labranza mínima o nula con la finalidad de minimizar la perturbación del suelo, reducir la compactación y permitir que la estructura y los poros del suelo se regeneren. Esta técnica mantiene la densidad aparente en niveles adecuados y evita el daño a la microfauna del suelo. Técnicas de bioingeniería y terrazas: En áreas con pendiente, las terrazas y barreras vegetales ayudan a controlar la erosión y mejoran la infiltración de agua, promoviendo la porosidad y manteniendo una densidad aparente favorable.

Propiedades químicas

La disminución del pH de los suelos, donde se realizó la investigación, se debe a la disminución del Ca^{++} y el Mg^{++} por efecto de la quema, esta tendencia afecta la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana, tal como lo señala Sánchez (2007) que el pH es una característica con influencia indirecta en la disponibilidad de nutrientes y actividad microbiana.

El nivel de nitrógeno en el suelo no sufrió cambios por efecto de la quema. Al respecto, Sánchez (1981) cree que el nitrógeno puede ingresar al suelo a través de la fijación atmosférica de materia orgánica (abono orgánico (estiércol) y residuos de cultivos) y bacterias, mientras que Navarro (2003) argumenta que las condiciones climáticas pueden hacerlo. El contenido tiene un efecto significativo, ya que la cantidad de nitrógeno reduce con la maximización de la temperatura y la cantidad de nitrógeno incrementa con la maximización de la humedad. Las principales pérdidas de nitrógeno son cosecha, lixiviación, volatilización, desnitrificación y fijación de amonio.

La disminución numérica del fósforo es debido a la disminución de la materia orgánica por efecto de la quema. Al respecto, Sánchez (1981) menciona que el contenido del P está relacionado con el contenido de materia

orgánica. También, Capulín et al. (2010), en México, mostraron que las variaciones de fósforo en la tierra inducidos por incendios fueron más pronunciadas en la capa superficial (0–5 cm) debido a la disminución de materia orgánica.

La disminución de potasio se debe al cambio de la textura. Los suelos sin quema tienen textura franco arcillo limoso y los que fueron quemados tienen textura franca; el contenido de potasio en el suelo es influenciado por la textura, tal como indica Navarro (2003), que el contenido en K_2O , en el suelo, depende de su textura. Los suelos arcillosos tienen mayor contenido que los suelos limosos y arenosos.

En general, la concentración de los cationes en el suelo disminuye por efecto de la quema. Al respecto, Valdés et al. (2016) indicaron que los efectos del fuego causaron variación en la química del suelo en el área de estudio que estaban relacionados con la profundidad y el momento del incendio. La concentración de cationes Mg^{++} , Ca^{++} , K^+ , pH y materia orgánica aumentó con el tiempo después del incendio. Fernández (2006) indicó que la CIC necesita de la textura del suelo y del contenido de materia orgánica. Cuanto más arcilla y materia orgánica hay en el suelo, mayor es la capacidad de intercambio catiónico. El contenido de arcilla es primordial porque estas pequeñas partículas tienen carga negativa.

Para recuperar la degradación química del suelo, se propone las siguientes prácticas y técnicas: Incorporación de estiércol a fin de incrementar la materia orgánica y mejorar la disponibilidad de nutrientes clave (N, P, K) para restaurar el equilibrio. Esto facilita la regeneración de la microfauna y la retención de nutrientes. Plantar especies leguminosas como el cecilio para aumentar el contenido de N en el suelo mediante la fijación biológica de nitrógeno, además de proteger contra la erosión. Rotación y diversificación de cultivos para mejorar el balance de nutrientes (especialmente P y K) y fomentar la regeneración integral del suelo.

Propiedades biológicas

En la investigación, los niveles de materia orgánica fueron bajo debido a factores externos que se presentaron después de la quema de la parcela como temperatura, humedad entre otros que afectan al proceso de mineralización de la materia orgánica, encontrándose dentro de niveles bajos que afectan la productividad de los suelos (Brady, 1984).

La degradación biológica es alta en la población de la macrofauna de los suelos por efecto de la quema, porque disminuye la actividad microbiana e interrumpe el ciclo de la materia orgánica y los nutrientes. Además, Zerbino (2005) mencionó que la macrofauna es un grupo de animales con un ancho corporal mayor a 2 mm pertenecientes a diferentes filos, clases y órdenes que operan en una escala temporal y espacial más grande que los individuos. La mayoría tiene un ciclo biológico largo, baja tasa de reproducción, movimiento lento y poca difusión y son importantes en la descomposición de la materia orgánica, disponibilidad de nutrientes y estructuración del suelo.

Se menciona algunas prácticas y técnicas para recuperar la degradación biológica del suelo: Implementación de plantas de cobertura, como leguminosas que favorecen la retención de humedad y la fijación de nitrógeno, elementos clave para la recuperación de la vida microbiana y de la microfauna beneficiosa. Incorporar microorganismos como hongos micorrízicos y bacterias fijadoras de nitrógeno mejora la diversidad microbiana del suelo, acelerando la recuperación de su función y su capacidad para albergar microfauna.

CONCLUSIONES

Los análisis realizados revelaron cambios en la textura, densidad aparente y porosidad del suelo. Estos cambios en las propiedades físicas afectan la fertilidad física de los suelos. La quema de pastizales en las zonas altoandinas de la región Huánuco ha demostrado tener un efecto adverso significativo en la calidad química del suelo, evidenciado por la disminución de la materia orgánica, fósforo y potasio que compromete

la fertilidad y la capacidad productiva del suelo.

La quema disminuye la población de la macrofauna que pueden afectar negativamente la salud del ecosistema y la sostenibilidad de las prácticas agrícolas.

La quema de pastizales expone el suelo a la erosión, aumentando su vulnerabilidad a procesos de desertificación. Sin la cobertura vegetal adecuada, el suelo queda desprotegido ante la acción del viento y la lluvia, lo que puede llevar a la pérdida de las capas más fértiles.

La degradación del suelo tiene repercusiones directas en la agricultura y la ganadería local, afectando la seguridad alimentaria y los medios de vida de las comunidades que dependen de estos recursos. Es crucial considerar estas implicaciones en la formulación de políticas de manejo sostenible.

Se sugiere implementar prácticas de manejo sostenible y alternativas a la quema de pastizales, como labranza mínima, la restauración de la vegetación nativa, para mitigar los efectos negativos de la quema y promover la recuperación del suelo.

CONFLICTO DE INTERESES

El autor declara que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

- Acevedo, J., Martínez, E. (2003). *Sistema de labranza y productividad de los suelos*. (pp. 13-27). Serie Ciencias Agronómicas.
- Aliaga Quispe, D.A. y Garzón (2016). *Efecto de la quema de purmas sobre la calidad del suelo en el distrito de Pichanaki, Chanchamayo* (Tesis de licenciatura. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú). Repositorio Institucional UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/>
- Alva Mendoza, D.M. y Manosalva Salazar, M.E. (2016). *Efecto del fuego en las propiedades químicas del suelo en el cañón de Sangal, Cajamarca* (Tesis de licenciatura. Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú). Repositorio

- institucional UPN
<https://repositorio.upn.edu.pe/>
- Brady (1984). *Materia orgánica en el suelo*.
<https://tinyurl.com/5n9y8fnx>
- Caballero, J. (2017). Efectos de la quema de pastizales en la fertilidad del suelo y la biodiversidad. *Revista de Ciencias Ambientales*, 12(3), 45-58.
- Cáceres, J. (2018). *Efecto de la quema de vegetación en las propiedades físicas y químicas del suelo. Huancayo, 2016*. (Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, Universidad Continental, Huancayo, Perú). Repositorio Continental.
<https://repositorio.continental.edu.pe/>
- Casas Terrones, M. G. (2019). *Efectos del incendio forestal en las propiedades físicas y químicas del suelo en Huacraruco-Cajamarca* (Tesis de licenciatura. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú). Repositorio Institucional UNC.
<https://repositorio.unc.edu.pe/>
- Capulín Grande, J., Hernández, G., & Pérez, C. (2010). Cambios en el suelo y vegetación de un bosque de pino afectado por incendio. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2 (10), 45-58.
<https://doi.org/10.29298/rmcf.v2i10.215>
- Jiménez Pinilla, P. (2016). *Avances en el estudio de suelos mediterráneos afectados por incendios forestales* (Tesis doctoral. Universidad Miguel Hernández, España). Repositorio RediUMH.
<https://dspace.umh.es/>
- Navarro, G. (2003). *Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales en la vida vegetal*. Mundi Prensa, España.
- Román, L. (2023). Evaluación de la recuperación natural de ecosistemas de pastizales en zonas altoandinas. *Revista de Ecología y Conservación*, 15(2), 123-135.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2023). *Reporte sobre erosión del suelo en la sierra peruana*. Senamhi.
<https://www.gob.pe/senamhi>
- Samaniego Minaya, C.A. (2013). *Efecto de un incendio forestal en una plantación de Eucalyptus globulus Labill. subsp. globulus en Huaraz* (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú). Repositorio Institucional UNALM.
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/home>
- Sánchez, J. (2007). *Fertilidad de suelos y nutrición mineral de plantas*. FERTITEC S.A. 19 p.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica. (1999). *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo*. Departamento de agricultura de los Estados Unidos.
- Valdés, L., Martínez, L., Bonilla, M., Castillo I. (2016). Efectos del fuego en algunas características de suelo de pinares, Macurije, Pinar del Río, Cuba. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 12(2), 60-65.
<https://tinyurl.com/msuhrrhs>
- Zerbino, M. (2005). *Evaluación de la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de producción*. Universidad de la República. <https://tinyurl.com/mr32u7p4>



Uso del suelo y su degradación en Ocros, Ayacucho

Soil Management and Degradation in Ocros, Ayacucho

Samuel Palomino Quispe¹ 

¹Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú

Autor de correspondencia:

Samuel Palomino Quispe 

Historial del artículo:

Recibido el 2 de abril de 2025 | Aceptado el 16 de mayo de 2025 | Publicado el 20 de junio de 2025

RESUMEN

Esta investigación se llevó a cabo con el objetivo de evaluar el grado de degradación de los suelos de parcelas con uso agrícola y pastoreo. Se realizó el análisis de suelos de ocho parcelas ubicados en diferentes zonas en el distrito de Ocros, provincia de Huamanga, región y departamento de Ayacucho, Perú. Se evaluaron propiedades físicas, químicas y biológicas. Los valores de cada propiedad se clasificaron de acuerdo con niveles críticos de degradación preestablecidos en baja, media y alta. Los resultados del análisis de suelos revelaron una variación en la degradación física según la clase textural, los suelos francos arcilloso-arenosos con un 37.5 % mostraron una degradación física alta. En la degradación química de los suelos, revelaron una alta prevalencia de degradación del nitrógeno y el potasio, con un 50 % y 87.5 % del suelo, respectivamente, presentando degradación alta y media. El fósforo con un 25% presentó degradación alta. El pH del suelo mostró un desequilibrio generalizado, con un 87.5 % del suelo presentando degradación alta. En la degradación biológica, revelaron una preocupante degradación de la materia orgánica en el suelo, con un 50 % de las muestras presentan degradación alta. Tomar medidas para proteger y restaurar los suelos degradados. La salud del suelo es fundamental para la sostenibilidad de los ecosistemas y la seguridad alimentaria, por lo que es crucial realizar acciones para su conservación para las generaciones futuras.

Palabras clave: niveles críticos; degradación física; degradación química; degradación biológica; técnicas agrícolas.

ABSTRACT

This research was carried out with the aim of evaluating the degree of soil degradation of plots with agricultural use and grazing. Soil analysis was carried out on eight plots located in different areas in the District of Ocros, Province of Huamanga, Region and Department of Ayacucho, Peru. Physical, chemical and biological properties were evaluated. The values of each property were classified according to critical levels of degradation pre-established as low, medium and high. The results of the soil analysis revealed a variation in physical degradation according to the textural class, sandy clay loam soils with 37.5 % showed a high physical degradation. In the chemical degradation of the soils, they revealed a high prevalence of nitrogen and potassium degradation, with 50 % and 87.5 % of the soil, respectively, presenting high and medium degradation. Phosphorus, with 25 %, showed high degradation. The pH of the soil showed a generalized imbalance, with 87.5 % of the soil presenting high degradation. In the

biological degradation they revealed a worrying degradation of organic matter in the soil, with 50 % of the samples showing high degradation. Take action to protect and restore degraded soils. Soil health is fundamental for the sustainability of ecosystems and food security, so it is crucial to take actions for its conservation for future generations.

Keywords: critical levels; physical degradation; chemical degradation; biological degradation; agricultural techniques

INTRODUCCIÓN

El uso del suelo es un factor crucial para el desarrollo socioeconómico de cualquier región. Sin embargo, la presión sobre los recursos naturales, especialmente en zonas rurales como Ocos, Ayacucho, puede llevar a la degradación del suelo, con consecuencias negativas para la productividad agrícola, la seguridad alimentaria y la biodiversidad.

La degradación del suelo es un problema global que amenaza la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental. La pérdida de nutrientes esenciales, como el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), es un factor clave en la degradación del suelo. El ciclo de NPK involucra la ganancia de estos nutrientes a través de la fijación de nitrógeno, la mineralización de la materia orgánica y la absorción por las plantas. Sin embargo, la pérdida de NPK ocurre a través de la volatilización, la lixiviación, la erosión y la desnitrificación. Estas pérdidas se ven exacerbadas por prácticas agrícolas inadecuadas, como el uso excesivo de fertilizantes, la falta de cobertura del suelo y la degradación del suelo.

Ocos es un distrito altamente vulnerable a la degradación de suelos. El distrito presenta una topografía accidentada con fuertes pendientes, lo que la hace susceptible a la erosión. Las prácticas agrícolas tradicionales sin rotación de cultivos, sobrepastoreo que reduce la cobertura vegetal, la falta de manejo de la erosión, el uso excesivo de fertilizantes y la quema de vegetales contribuyen a la degradación del suelo, dejando el suelo expuesto a la erosión, reduciendo la capacidad del suelo para absorber agua y nutrientes, lo que puede llevar a la desertificación. El cambio climático también está exacerbando la degradación de suelos en Ocos, las sequías más frecuentes y

severas están aumentando la erosión y la pérdida de nutrientes en el suelo.

La evaluación de la degradación de suelos requiere un enfoque multidisciplinario, incluyendo el análisis de laboratorio. Estos análisis son fundamentales para determinar indicadores clave de la salud del suelo en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, como la textura, el pH, NPK, y la materia orgánica. El análisis de laboratorio permite monitorear los cambios en el suelo a lo largo del tiempo y proporciona información crucial para tomar decisiones informadas sobre el manejo y la restauración de los suelos.

La evaluación de la degradación del suelo es importante en la implementación de acciones de restauración, ya que permite identificar áreas prioritarias para su atención (Ramírez et al., 2011). Según Lal (2006), los suelos con mayor proporción de arena son más propensos a la erosión; asimismo, menciona que la textura del suelo desempeña un rol importante en la susceptibilidad a la erosión hídrica y eólica. La pérdida de nutrientes en el suelo puede ser atribuida a procesos químicos como la lixiviación y la volatilización; la disponibilidad de fósforo en el suelo puede verse afectada por la fijación de este nutriente en formas no disponibles para las plantas; el pH del suelo ejecuta una función crucial en la disponibilidad de nutrientes; la acidificación del suelo puede afectar la disponibilidad de nutrientes, como el fósforo y el potasio, y puede reducir la actividad de los microorganismos beneficiosos del suelo (Sparks, 2003). El 74 % del área estudiada presenta evidencias de degradación; los tipos dominantes son erosión hídrica, compactación y erosión eólica; las causas principales son el sobrepastoreo y las prácticas agrícolas superficiales (Ramírez et al., 2011).

Referente a la pérdida de nutrientes del suelo fue mayor en el N-P-K que los cationes cambiables, lo que denota que el N-P-K es más sensible a la erosión hídrica; el nitrógeno (N) al igual que el Pentóxido de fósforo (P_2O_5) reportan una pérdida de 24.64 y 0.63 kg/ha respectivamente en un suelo sin cobertura vegetal; y, en el caso del Óxido de potasio (K_2O), la cobertura con pasto natural fue la mayor pérdida de este nutriente con 6.16 kg ha^{-1} (Duran, 2018). Se evidencia en los sedimentos pérdidas de Nitrógeno Aprovechable(N) que oscilan entre los 37.62 y 182.64 kg ha^{-1} ; fósforo(P_2O_5) entre los 3.85 y 15.76 kg ha^{-1} ; potasio(K_2O) entre los 155.36 y 747.01 kg ha^{-1} . y Materia orgánica entre los 47.2 y 182.64 t (Arbaiza, 2021). A tenor de Brady y Weil (2017), la degradación de estos nutrientes es un problema común en áreas agrícolas intensivas, especialmente en suelos con bajo contenido de materia orgánica. La materia orgánica desempeña un rol fundamental en la retención de nutrientes, especialmente nitrógeno y potasio; la acidificación del suelo es un proceso común en áreas agrícolas intensivas, debido a la aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados y el uso de prácticas de manejo del suelo inadecuadas. La biodiversidad del suelo es fundamental en la salud del ecosistema (Brussaard et al., 2007).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el grado de degradación de los suelos en Ocos, Ayacucho.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las parcelas en estudio estuvieron ubicadas en el distrito de Ocos provincia de Huamanga, región de Ayacucho. Entre las coordenadas 13° 37' 38.1" Latitud sur y 73° 90' 79.3" Longitud oeste; a una altitud de 3345 m s. n. m. El clima en el distrito es templado seco, las temperaturas oscilan desde un descenso de hasta -6°C, hasta la temperatura más elevada de 19°C; las precipitaciones pluviales fluctúan de 600 a 800 mm/año. La investigación fue descriptiva explicativa y se realizó durante el periodo octubre del 2024.

El uso actual del suelo en las comunidades altoandinas del distrito de Ocos es la

agricultura, la cual es la actividad principal, con cultivos como papa, quinua, maíz, arveja, tarwi, olluco. Asimismo, el suelo lo usan en la ganadería para el pastoreo de vacunos, ovinos, equinos; el sobrepastoreo puede llevar a la degradación de los pastizales. La expansión agrícola y el uso de productos agroquímicos son amenazas que pueden causar la degradación de los suelos a falta de prácticas de conservación de suelos como las terrazas, andenes, rotación de cultivos, agricultura orgánica, la reforestación.



Figura 1. Distrito de Ocos, Ayacucho

Muestreo de suelos

El muestreo de suelos de las 8 parcelas se realizó con el uso de materiales: bolsa grande para la muestra de 2 kg (plástico o papel dependiendo de la humedad del suelo). Barreno (sonda o muestreador de suelo), juego de pala con picota para hacer cortes uniformes de suelo. Guantes para proteger las manos. Luego, se realizó el procedimiento del muestreo de suelo, iniciando en una esquina, las muestras se sacaron en forma de zigzag para incluir toda el área de la prueba.

Las muestras se tomaron hasta una profundidad de 20 cm y se marcó con el barreno esta profundidad. También, se utilizó palas, picota para cortar, una sección o corte de suelo que tenga el mismo grosor de todas las profundidades, y combinar varios de estas submuestras de la misma forma que con el barreno. En el balde, se mezclaron bien las muestras hasta obtener una muestra compuesta, y se sacó una muestra de 2 kg en una bolsa plástica. En la bolsa, se anotó la fecha, el nombre de la parcela, el nombre del lugar o comunidad y el punto GPS, datos que

permitió relacionar después con la hoja de datos básicos de la parcela.

Análisis de suelos

Para el análisis de suelo se realizó la preparación de la muestra con el secado en un lugar caliente con flujo de aire. No se puede secar la muestra (para el análisis químico en un horno), a más de 40 grados °C. Lo ideal se seca dentro de 3 días hasta el punto en que se sienta (al tocar) seco el suelo, se sigue teniendo un poco de humedad durante más tiempo. Luego se tamizo a 2 mm para el análisis, después del tamizado se conservó en un lugar fresco en una bolsa plástica etiquetada. Luego se envió las muestras de suelo etiquetado y con los datos en el formato de la cadena de custodia al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Facultad de Agronomía, Departamento de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, para su respectivo análisis de la caracterización.

Niveles críticos de degradación de suelos

Los niveles críticos de degradación de suelos se refieren a los puntos en los que la calidad del suelo se deteriora tanto que ya no puede sostener la productividad agrícola ni la biodiversidad, estos niveles varían según el tipo de suelo, el clima y las actividades humanas que lo afectan. Degradación física del suelo se refiere a los cambios en las propiedades físicas del suelo, como la textura, la estructura, la densidad y la porosidad. Estos cambios pueden afectar la capacidad del suelo para retener agua, permitir el crecimiento de las raíces y proporcionar un hábitat para los organismos del suelo. La degradación química del suelo se refiere a los cambios en la composición química del suelo, como la pérdida de nutrientes (NPK), la acidificación (pH), la salinización y la contaminación. Estos cambios pueden afectar la disponibilidad de nutrientes para las plantas, la toxicidad del suelo para los organismos y la calidad del agua. La degradación biológica del suelo se refiere a la disminución de la actividad biológica del suelo, como la pérdida de materia orgánica

(M.O.), la reducción de la biodiversidad y la disminución de la actividad microbiana. Estos cambios pueden afectar la fertilidad del suelo, la capacidad de retención de agua y la resistencia a las plagas y enfermedades. La evaluación de la degradación del suelo debe considerar factores específicos del lugar, incluyendo el tipo de suelo, el clima, el uso del suelo y las prácticas de manejo.

RESULTADOS

Los resultados del análisis de suelo, presentados en la Tabla 1, proporcionan información valiosa sobre el estado de la salud del suelo en las ocho parcelas estudiadas. Estos datos permiten comprender la variabilidad en los niveles de nutrientes de NPK, pH y materia orgánica, y sirven como base para evaluar la posible degradación del suelo en Ocros, Ayacucho.

Tabla 1. Resultados del análisis de los suelos de las 8 parcelas

N.º	Clase textural	N %	P ppm	K ppm	pH 1:1	M.O%
01	Fr. A.	0.21	17.5	184	4.47	4.41
02	Fr. Ar.	0.20	2.5	316	4.57	3.39
03	Fr. Ar.	0.19	3.2	134	5.06	3.74
04	Fr. Ar.A.	0.09	29.8	182	5.57	1.84
05	Fr. Ar.A.	0.10	14.1	206	5.05	1.80
06	Fr. Ar.A.	0.18	21.0	168	4.59	2.99
07	Fr. Ar.	0.09	37.5	211	5.07	1.43
08	Fr. Ar.	0.09	7.8	184	4.94	1.88

Fr. A. = Franco arenoso; Fr. Ar. = Franco arcilloso; Fr. Ar. A. = Franco arcillo arenoso

Propiedades físicas

Según la Tabla 2, el análisis de suelos reveló una variación de la degradación física en la clase textural. Los suelos franco arenoso (12.5 % de las muestras) mostraron una baja degradación física, mientras que los suelos franco arcilloso (50 % de las muestras), también, presentaron una baja degradación. Sin embargo, los suelos francos arcillosos arenosos (37.5 % de las muestras) mostraron una degradación física alta. Este patrón sugiere que la clase textural es importante en la susceptibilidad a la degradación, pero el manejo del suelo también es un factor determinante.

Tabla 2. Predominancia de la clase textural

Clase textural	N.º de parcelas	Porcentaje (%)	Degradación
Franco arenoso	01	12.5	Baja
Franco arcilloso	04	50.0	Baja
Franco arcillo arenoso	03	37.5	Alta

Propiedades químicas

Conforme a la Tabla 3, los resultados revelaron una prevalencia de degradación baja del nitrógeno con el 12.5 % de las parcelas, significa que el nivel de nitrógeno en estos suelos es > 0.2 %. El 37.5 % de las parcelas muestra degradación media, significa que el nivel de nitrógeno en estos suelos está entre 0.1 y 0.2 %, y el 50 % de las parcelas tienen degradación alta, significa que el nivel de nitrógeno en estos suelos es < 0.1 %. En el caso del fósforo, el 62.5 % de las parcelas tienen degradación baja significa que el nivel de fósforo en estos suelos es > 14 ppm. El 12.5 % de las parcelas tienen degradación media, significa que el nivel de fósforo en estos suelos está entre 7 y 14 ppm, y el 25 % de las parcelas tienen degradación alta, significa que el nivel de fósforo en estos suelos es < 7 ppm. El 12.5 % de las parcelas presentan degradación baja en Potasio, significa que el nivel de potasio en estos suelos es > 240 ppm, y el 87.5 % presentan degradación media, significa que el nivel de potasio en estos suelos está entre 100 y 240 ppm. El pH en el 12.5 % de las parcelas es considerado con degradación media, significa que el pH en estos suelos está entre 5.5 - 6.5 o 7.3 - 7.8, y el 87.5 % muestran degradación alta, significa que el pH en estos suelos es < 5.5 o > 7.8.

Tabla 3. Predominancia de la degradación química

N.º de parcelas	Porcentaje (%)	Degradación
Nitrógeno (N)		
01	12.5	Baja
03	37.5	Media
04	50.0	Alta
Fósforo (P)		
05	62.5	Baja
01	12.5	Media
02	25.0	Alta
Potasio (K)		
01	12.5	Baja
07	87.5	Media
pH		
01	12.5	Media

07	87.5	Alta
----	------	------

Propiedades biológicas

Según la Tabla 4, los resultados del estudio revelaron una preocupante degradación de la materia orgánica en el suelo, con un 50 % de las parcelas presentan suelos con degradación alta, significa que el nivel de materia orgánica en estos suelos es menor de 2 %. Este hallazgo es significativo, la materia orgánica representa un rol crucial en la salud y la productividad del suelo. La presencia de un 50 % de suelo con degradación alta sugiere una disminución en la capacidad del suelo para retener nutrientes, mejorar la estructura del suelo y proporcionar hábitat para los organismos beneficiosos. La degradación de la materia orgánica, también, puede contribuir a la liberación de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono, exacerbando el cambio climático. La degradación moderada de la materia orgánica, observada en el 37.5 % de las muestras, también, es preocupante, significa que el nivel de materia orgánica en estos suelos se encuentra de 2 a 4 %, indica una disminución gradual en la calidad del suelo. Aunque no tan grave como la degradación alta, esta condición puede afectar la capacidad del suelo para mantener la productividad a largo plazo. Es alentador que el 12.5 % de las muestras mostraron degradación baja de la materia orgánica, significa que su nivel es mayor de 4 % de materia orgánica, lo que indica que algunas áreas aún conservan un nivel saludable de materia orgánica. Sin embargo, la baja prevalencia de este tipo de suelo sugiere que es necesario tomar medidas urgentes para mejorar la salud del suelo en general.

Tabla 4. Predominancia de materia orgánica (M. O.)

N.º de parcelas	Porcentaje (%)	Degradación
01	12.5	Baja
03	37.5	Media
04	50.0	Alta

DISCUSIÓN

Propiedades físicas

Los resultados del análisis de suelos (Tabla 2) muestran que la degradación física es mayor en los suelos franco arcilloso-arenoso, lo que coincide con los estudios de Lal (2006), los suelos con mayor proporción de arena son más propensos a la erosión; asimismo, menciona que la textura del suelo desempeña un rol importante en la susceptibilidad a la erosión hídrica y eólica.

La predominancia de suelos con baja degradación, representando el 62.5 % del área estudiada y el 37.5 % del área presenta suelos con degradación alta, indican que se requieren atención prioritaria con las prácticas y técnicas para recuperar la degradación física de los suelos a través de la implementación de técnica de labranza (labranza mínima), técnicas de fertilización (la incorporación de materia orgánica, compost), técnicas de manejo de riego (el riego por goteo), infraestructura ingenieriles para el control de la erosión (el uso de barreras vivas, terrazas y cultivos en contorno), técnicas de manejo de la biodiversidad (rotación de cultivos), técnicas de manejo de cobertura vegetal (la siembra de cultivos de cobertura).

Propiedades químicas

Los resultados del estudio revelaron una alta prevalencia de degradación del nitrógeno y el potasio en el suelo, con un 50 % y 87.5 % del suelo, respectivamente, presentando degradación alta y media. Estos hallazgos coinciden con las observaciones de Brady y Weil (2017), quienes indican que la degradación de estos nutrientes es un problema común en áreas agrícolas intensivas, especialmente, en suelos con bajo contenido de materia orgánica. La pérdida de nutrientes en el suelo puede ser atribuida a procesos químicos como la lixiviación y la volatilización (Sparks, 2003). De acuerdo con Brady y Weil (2017), la materia orgánica ejecuta un fundamental rol en la retención de nutrientes, especialmente nitrógeno y potasio. La pérdida de materia orgánica, como la que se observa en nuestro estudio, puede contribuir a la disminución de la disponibilidad de estos nutrientes para las plantas.

El fósforo, por otro lado, mostró una situación más favorable, con un 62.5 % del suelo presentando degradación baja. Sin embargo, un 25 % del suelo presentó degradación alta. Brady y Weil (2017) mencionan que la disponibilidad de fósforo en el suelo puede verse afectada por la fijación de este nutriente en formas no disponibles para las plantas. La fijación del fósforo puede ocurrir en suelos con bajo contenido de materia orgánica, lo que podría explicar la presencia de degradación alta en algunos de nuestros sitios de estudio. Sparks (2003), también, destaca la importancia de la química del suelo en la solubilidad y movilidad del fósforo.

El pH del suelo mostró un desequilibrio generalizado, con un 87.5 % del suelo presentando degradación alta. Brady y Weil (2017) mencionan que la acidificación del suelo es un proceso común en áreas agrícolas intensivas, debido a la aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados y el uso de prácticas de manejo del suelo inadecuadas. El pH del suelo ejecuta una función crucial en la disponibilidad de nutrientes. Por ello, es importante mantener un pH adecuado para optimizar la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes (Sparks, 2003). La acidificación del suelo puede afectar la disponibilidad de nutrientes, como el fósforo y el potasio, y puede reducir la actividad de los microorganismos beneficiosos del suelo.

Las recomendaciones en Nitrógeno: en los sectores en donde hay degradación Baja (12.5 %), mantener prácticas de manejo que favorezcan la retención de nitrógeno en el suelo, como la incorporación de materia orgánica y el uso de cultivos de cobertura. En los sectores que hay degradación Media (37.5 %), implementar prácticas de fertilización con nitrógeno de liberación lenta, como compost, estiércol o fertilizantes orgánicos, para evitar la pérdida por lixiviación. En los sectores que hay degradación Alta (50 %), priorizar la recuperación de la materia orgánica del suelo a través de la aplicación de compost, estiércol, biofertilizantes y la incorporación de cultivos de cobertura. Considerar la posibilidad de realizar análisis de suelo periódicos para determinar las necesidades específicas de nitrógeno.

Fósforo, en los sectores que hay degradación Baja (62.5 %), implementar prácticas de manejo que mejoren la disponibilidad de fósforo en el suelo, como la aplicación de fertilizantes fosfatados de liberación lenta, la utilización de biofertilizantes y la incorporación de materia orgánica. En los sectores que hay degradación Media (12.5 %), considerar la aplicación de fertilizantes fosfatados de liberación lenta o la utilización de biofertilizantes para aumentar la disponibilidad de fósforo en el suelo. En los sectores que hay degradación Alta (25 %), evaluar la posibilidad de realizar análisis de suelo para determinar la cantidad de fósforo disponible y la necesidad de aplicar fertilizantes. Considerar la utilización de biofertilizantes o la aplicación de compost para mejorar la disponibilidad de fósforo en el suelo.

Potasio: en los sectores que hay degradación Baja (12.5 %), mantener prácticas de manejo que favorezcan la retención de potasio en el suelo, como la incorporación de materia orgánica y el uso de cultivos de cobertura. En los sectores que hay degradación Media (87.5 %), implementar prácticas de fertilización con potasio de liberación lenta, como compost, estiércol o fertilizantes orgánicos, para evitar la pérdida por lixiviación. Considerar la posibilidad de realizar análisis de suelo periódicos para determinar las necesidades específicas de potasio. pH: En los sectores que hay degradación Media (12.5 %), monitorear el pH del suelo y realizar correcciones si es necesario, utilizando cal agrícola o enmiendas orgánicas para aumentar el pH. En los sectores que hay degradación Alta (87.5 %), priorizar la recuperación de la materia orgánica del suelo a través de la aplicación de compost, estiércol, biofertilizantes y la incorporación de cultivos de cobertura. Se debe realizar análisis de suelo periódicos para determinar las necesidades específicas de enmiendas para ajustar el pH.

En resumen, para la recuperación de la degradación química de suelos en pH, NPK, se recomienda el uso de prácticas y técnicas: técnicas de fertilización (uso de cal agrícola, incorporación de materia orgánica (compost,

estiércol), fertilización con nitrógeno de liberación lenta, aplicación de fertilizantes fosfatados de liberación lenta, fertilización con potasio de liberación lenta y el uso de biofertilizantes); técnicas de manejo de cobertura vegetal (uso de cultivos de cobertura).

Propiedades biológicas

Los resultados indican que el 50 % del suelo tiene una degradación alta de la materia orgánica, lo que significa que la materia orgánica está por debajo del 2 %. Esto es un indicador crítico de degradación del suelo y requiere medidas urgentes para mejorar la salud del suelo. El 37.5 % del suelo tiene una degradación media de la materia orgánica, lo que significa que la materia orgánica está entre 2 % y 4 %. Aunque no es tan crítico como la degradación alta, aún es un indicador de que el suelo necesita atención para evitar que la situación empeore. El 12.5 % del suelo tiene una degradación baja de la materia orgánica, lo que significa que la materia orgánica es mayor al 4 %. Esta es una buena señal, pero la baja prevalencia de este tipo de suelo sugiere que es necesario tomar medidas para mejorar la salud del suelo en general.

Los resultados indican que el 87.5 % del suelo presenta una degradación de la materia orgánica que es crítica o moderada. Esto es un indicador preocupante de la salud general del suelo y requiere atención inmediata para mejorar la salud del suelo, así como garantizar su sostenibilidad. Se implementaron las prácticas de manejo sostenible del suelo para aumentar la cantidad de materia orgánica en el suelo como la rotación de cultivos, uso de cultivos de cobertura, agricultura sin labranza, adición de materia orgánica (compost, estiércol, etc.), control de la erosión.

En este estudio, se analizó la degradación biológica de los suelos en función de la predominancia de materia orgánica. Los resultados mostraron que un 12.5 % de materia orgánica se asocia con una degradación baja, mientras que un 37.5 % indica una degradación media y un 50 % sugiere una degradación alta. Estos hallazgos son consistentes con las observaciones de

Brussaard et al. (2007), quienes destacan la relación entre la biodiversidad del suelo y su funcionamiento ecosistémico. La baja degradación en suelos con menor contenido de materia orgánica sugiere que estos mantienen sus funciones ecológicas, mientras que niveles elevados de degradación pueden comprometer la biodiversidad y la capacidad del suelo para sustentar procesos vitales. Estos resultados resaltan la necesidad de prácticas de manejo que promuevan el incremento de la materia orgánica en suelos degradados, contribuyendo a la restauración de su funcionalidad ecosistémica.

Los resultados de este estudio revelan que el 50 % de las muestras de suelo analizadas presentan una degradación alta, evidenciando una pérdida significativa de materia orgánica. Esta situación es preocupante, ya que la materia orgánica es esencial para la salud del suelo y su capacidad para sustentar la vida.

Para revertir esta tendencia, se recomienda implementar un conjunto de estrategias integrales que aborden los aspectos de la recuperación de la materia orgánica, la mejora de la salud del suelo y la restauración de áreas degradadas con las prácticas y técnicas para recuperar la degradación biológica: técnica de labranza (labranza mínima, siembra directa), técnicas de fertilización (la incorporación de materia orgánica- compost, estiércol, biofertilizantes y bioestimulantes), técnicas de manejo de riego (el riego por goteo), infraestructura ingenieriles para el control de la erosión (el uso de barreras vivas, terrazas y cultivos en contorno), técnicas de manejo de la biodiversidad (rotación de cultivos, control biológico de plagas y enfermedades, reforestación con especies nativas), técnicas de manejo de cobertura vegetal (la siembra de cultivos de cobertura). La recuperación de suelos degradados es un proceso a largo plazo que requiere un enfoque integral y constante; la implementación de estas estrategias, junto con un monitoreo constante de la salud del suelo, permitirá revertir la degradación y recuperar la productividad de los ecosistemas.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados del presente trabajo, se puede concluir que el grado de degradación física de los suelos, el 37.5 % de los suelos franco arcillo-arenosos muestran degradación alta.

El grado de degradación química de nitrógeno, el 37.5 % y un 50 % muestran degradación media y alta, respectivamente. En el caso del fósforo, el 25 % muestra degradación alta; para el potasio, el 87.5 % tiene degradación media, sugiriendo un deterioro significativo. Finalmente, en relación con el pH, el 87.5 % presenta degradación alta, lo que podría afectar negativamente la salud del suelo y su capacidad para sustentar cultivos.

El grado de degradación biológica de los suelos, el 50 % muestran degradación alta por la pérdida de materia orgánica.

En todos los casos de degradación, es crucial implementar prácticas de manejo sostenible, para asegurar la salud y productividad de los suelos a largo plazo.

CONFLICTO DE INTERESES

El autor declara que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

- Arbaiza, O. R. (2021). *Evaluación de la erosión hídrica y la degradación de los suelos agrarios en condiciones agroclimáticas de la subcuenca del río Quillcayhuanca, distrito de Independencia, Huaraz, Ancash* (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Repositorio Unasam. <https://repositorio.unasam.edu.pe/>)
- Brady, N. C. & Weil, R. R. (2017). *The nature and properties of soils*. Pearson Education.
- Brussaard, L., de Ruiter, P. C. & de Vries, W. T. (2007). *Biodiversity and ecosystem functioning in soil*. In: Encyclopedia of soil science (pp. 121-132). Springer.
- Duran Villanueva, J. L. (2018). *La erosión hídrica y la degradación de suelos agrícolas en las condiciones*

edafoclimáticas de Ocucalla-Ambo-Huánuco-2016 (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Hermilio Valdizán) Repositorio Institucional Unheval.

<https://repositorio.unheval.edu.pe/>

Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (s.f.). Facultad de Agronomía, Departamento de Suelos, Universidad Nacional Agraria La Molina.

Lal, R. (2006). Soil degradation by erosion. *Advances in Agronomy*, 90, 1-68.

Ramírez-Carballo, H., Pedroza-Sandoval, A., Martínez-Rodríguez, J. G. & Valdez-Cepeda, R. D. (2011). Evaluación participativa de la degradación del suelo en la Reserva de la Biosfera Mapimí. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 17(SPE), 01-09.




Ramírez, M. E., Limas, E. A., Ortiz, P. R. & Díaz, A. R. (2011). Degradación de suelos por actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas, México. *Papeles de geografía*, (53-54), 77-88.

Sparks, D. L. (2003). *Soil physical chemistry*. Academic Press.



Polifenoles totales del extracto hidroalcohólico de la planta medicinal de pisca pisca (*Columellia obovata*)


Total Polyphenols from the Hydroalcoholic Extract of the Medicinal Plant Pisca Pisca (*Columellia obovata*)

Cesar Augusto Bautista-Trillo¹ , Sandy Vialid Yauricasa-Tornero¹ , Yertsin Riveros-Quiñones¹ , Dianet Olibel Sanchez-Huaycha¹ , Oliver Taype-Landeo² 

¹Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú

²Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Huancavelica, Perú

Autor de correspondencia:

Oliver Taype-Landeo 

Historial del artículo:

Recibido el 9 de abril de 2025 | Aceptado el 10 de mayo de 2025 | Publicado el 20 de junio de 2025

RESUMEN

Se realizaron un estudio de polifenoles totales de la pisca pisca (*Columellia obovata*) y crece en la región andina del Perú, siendo considerada por los pobladores locales, una planta medicinal nativa reconocida por su valor en tratar los diversos malestares y rico en polifenoles cuanto al hidroalcohólico. El objetivo fue determinar el contenido de polifenoles totales en su extracto hidroalcohólico de la planta medicinal de pisca pisca (*Columellia obovata*). Metodología, fue la recolección de muestra en la comunidad de Allpas, provincia de Acobamba, y enviada para su identificación taxonómica al Museo de Historia Natural de la UNMSM. El contenido de polifenoles totales se evaluó mediante el método de Folin-Ciocalteu. Resultados, se encuestaron 49 % de varones y 51 % de mujeres, donde indicaron que el 66,67 % sí conocen la planta de pisca pisca, el 95,65 % utilizan en infusión, el 61,54 % utilizan para el malestar de gripe y 79,17 % lo emplean como medicina alternativa, en su mayoría lo utilizan de manera ocasional y lo utilizan para fumigar las plantas. Respecto al contenido de polifenoles totales fue 691,51 µg/g. Conclusión, los pobladores de zonas altoandinas tienen conocimientos ancestrales propias en el uso de plantas medicinales, para tratar los diversos malestares, y respecto al hidroalcohólico presenta un valor significativo de polifenoles totales.

Palabras clave: extracto hidroalcohólico; saberes ancestrales; taxonomía; vegetales; zonas andinas

ABSTRACT

A study of total polyphenols from pisca pisca (*Columellia obovata*) was conducted, which grows in the Andean region of Peru. It is considered by local residents to be a native medicinal plant recognized for its value in treating various ailments and rich in hydroalcoholic polyphenols. The objective was to determine the total polyphenol content in its hydroalcoholic extract of the medicinal plant pisca pisca (*Columellia obovata*). The methodology involved collecting samples from the community of Allpas, Acobamba province, and sending them to the Natural History Museum of the UNMSM for taxonomic

identification. The total polyphenol content was evaluated using the Folin-Ciocalteu method. Results: 49 % of men and 51 % of women were surveyed, where they indicated that 66,67 % do know the pisca pisca plant, 95,65 % use it as an infusion, 61,54 % use it for flu discomfort and 79,17 % use it as an alternative medicine, mostly using it occasionally and using it to fumigate plants. Regarding the total polyphenol content, it was 691,51 $\mu\text{g} / \text{g}$. Conclusion, the inhabitants of high Andean areas have their own ancestral knowledge in the use of medicinal plants to treat various ailments, and regarding hydroalcoholic it presents a significant value of total polyphenols.

Keywords: hydroalcoholic extract; ancestral knowledge; taxonomy; plants; Andean areas

INTRODUCCIÓN

La provincia de Acobamba, en la región de Huancavelica, en la zona andina del Perú, presenta gran diversidad de plantas medicinales que crecen de manera silvestre; por lo tanto, los pobladores locales tienen uso y conocimiento ancestral de estas plantas medicinales nativas, para el tratamiento de los diversos malestares.

El Perú cuenta con una diversidad única y rica respecto a la flora, con amplia gama de vegetales, con una biodiversidad de plantas vegetales medicinales etnobotánicas en el trópico sudamericano (Rojas et al., 2021; Cerdan & Moreto, 2024; León et al., 2006).

La creciente del malestar en la humanidad y la evolución tuvo una inmensa biodiversidad en utilización en los seres humanos por la necesidad y satisfacción cuanto a la medicina tradicional (Cupido et al., 2024).

Desde milenios, se ha utilizado las plantas medicinales para tratar diversos malestares en todo el mundo como medicina tradicional, así como su valoración de uso defendible y la biodiversidad cultural y cultura popular (Campos, et al., 2024; Cupido et al., 2024; Heisler et al., 2015). Por ello, la medicina tradicional representa un conocimiento en conjunto por las prácticas realizadas en prevenir, diagnosticar y tratar los diversos malestares, cuya práctica es transmitida de generación a generación (Durán & Méndez, 2010). Los conocimientos, así como saberes ancestrales activos y aprovechados en calidad de guía, enfocada a estudios de la bioprospección y etnobotánicos con aplicaciones filogenéticas como recurso medicinal en bienestar del hombre (Cupido et al., 2024).

Las comunidades de las zonas rurales tienen conocimientos ancestrales y rurales,

propios y nativos en cuanto a la utilización de plantas medicinales y las mujeres tienen mayor interacción con las plantas a comparación de los varones (Campos, et al., 2024). Los vegetales tienen moléculas bioactivas, conocidas sustancias activas (Vasco et al., 2024) medicinales, que se presentan aromáticas, y que tienen sustancias bioactivas como los compuestos polifenólicos, flavonoides, terpenos, sesquiterpenos y fenilpropanos, que poseen un potencial efecto terapéutico (Rojas et al., 2021; Cerdan & Moreto, 2024; Vasco et al., 2024), con estas características encontramos a pisca pisca (Cerdan & Moreto, 2024).

La pisca pisca es utilizada por algunos pobladores de zonas altoandinas del Perú, por sus propiedades fitoquímicas, metabolitos y sus efectos medicinales, antidiarreico y/o farmacológicos (Cerdan & Moreto, 2024; Cardenas, 2019; Vasco et al., 2024).

El extracto hidroalcohólico de las hojas de pisca pisca presenta ser antimicrobiano (Cerdan & Moreto, 2024) y presenta metabolitos activos encontrados en el extracto: flavonoides, fenoles, aminoácidos, taninos, iridoides, catequinas, saponinas, glicósidos cardiotónicos, alcaloides, resaltando una mayor cuantía de alcaloides y flavonoides (Cardenas, 2019; Cerdan & Moreto, 2024).

Actualmente, el interés de estudiar las nuevas especies vegetales etnobotánicas con enfoque industrial, medicinal y farmacológica, por sus propiedades de compuestos bioactivos, ha despertado interés en el ser humano, para el uso de medicina fitosanitaria; por ello, el estudio de la pisca pisca que crece en la región de Huancavelica, específicamente en provincia de Acobamba, de manera silvestre. Por ello, el objetivo es determinar los polifenoles totales del extracto

hidroalcohólico de la planta medicinal de pisca pisca (*Columellia obovata*) en la provincia de Acobamba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de estudio

Todo el estudio se realizó en el distrito de Acobamba ubicada a una altitud de 3423 m. s. n. m., con coordenadas geográficas de longitud -74,5694 y latitud -12,8428. Del mismo modo, la extracción se realizó en el Laboratorio de Procesos Agroindustriales 01 y los análisis de hidroalcohólico de pisca pisca se realizó en el laboratorio de Analisis Instrumental 02 de EPIAG, de la FCA, de la UNH.

Material vegetal

La planta de pisca pisca se recolectó de la Comunidad de Allpas, de la provincia de Acobamba.

Preparación de extracto hidroalcohólico

Las hojas de pisca pisca se deshojaron manualmente; se secaron en un deshidratador de alimentos de marca (BLANIK) y modelo (BDA020) a una temperatura de 60 °C por 24 horas; se procedieron a moler 100 g, se maceró en botellas de color ámbar por 7 días en alcohol de 96°; este cubrió a la muestra en su integridad en una relación de 1 a 2, y sumergido unos 10 centímetros por encima de la muestra. Durante el proceso, se agitó el frasco periódicamente para distribuir homogéneamente el solvente en la muestra. Transcurrido el tiempo, del líquido destilado y luego destilado a presión, se eliminó el disolvente con un rotavapor rotatorio y se obtuvo un extracto suave y viscoso, el cual se concentró en una estufa a no más de 50 °C y se transfirió a botellas de color ámbar bajo temperatura de refrigeración hasta su uso. Mediante los protocolos descritos por Vasco et al., (2024); Surveswaran et al., (2007).

Preparación de las concentraciones del extracto hidroalcohólico de la pisca pisca

Se filtra el extracto hidroalcohólico macerado, luego, se llevó al equipo de rotavapor para su concentración obteniendo el extracto de consistencia semilíquida, después, con una micropipeta, se extrae 25 mL de muestra y se añaden 2,5 mL de Folin. Se controló 2 minutos y luego se le agregó carbonato de sodio en una cantidad de 2 mL a cada muestra y se dejó reposar 5 minutos.

Luego, se le lleva a baño maría por 15 minutos a 45 °C, después, se pone en las cubetas y se lleva al espectrofotómetro para la lectura de la absorbancia. Finalmente, se llevó a estufa a temperatura de 40 °C hasta alcanzar la deshidratación del extracto. Se pesó 100 g de extracto de hidroalcohólico de las hojas de pisca pisca, para preparar una solución madre al 3%, con 100 mL de agua destilada, y, luego, realizar dilución consecutiva para concentraciones de 100 mg/kg. Siguiendo los protocolos adaptados por Surveswaran et al. (2007).

Determinación de polifenoles

La determinación de los contenidos de compuestos polifenólicos denominados también fenoles totales, a partir del extracto de hojas de pisca pisca, se realizaron mediante los protocolos descritos por Galvez et al., (2021); Magalhaes et al., (2010); Rojas, et al., (2023).

$$\text{Polifenoles totales } (\mu\text{g/g}) = \frac{\bar{A} \cdot D_2}{m \cdot D_1}$$

Donde:

\bar{A} = absorbancia promedio (mínimo de dos réplicas)

D2 = segunda dilución de muestra (100 para la primera extracción)

m = pendiente de la curva de calibración (mL/μg) diseñada con el solvente usado

D₁ = primera dilución de la hoja de pisca pisca (0.05 g/mL en P/V)

Diseño de investigación

El tipo de investigación es básica experimental y el diseño de la investigación fue aleatorio simple.

El contenido total de polifenoles se determinó utilizando el reactivo de Folin-

Ciocalteu. Se cogieron de cada extracto 2 mg, colocarlo en un matraz cónico y agregar 50 mL de agua destilada y agitar en seguida. A continuación, añadir 0,5 mL de la solución anterior respectivamente y mezclar con 0,75 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu, deponiendo en sosiego a temperatura ambiente durante 5 minutos y, luego, se agregaron 0,75 mL y añadir 20 % de carbonato de sodio. Se debe remover bien y deja reposar a temperatura ambiente durante 90 minutos. Luego, se midió la absorbancia a 760 nm. El proceso se repitió tres veces de cada planta.



Figura 1. Extracción y análisis del extracto hidroalcohólico

Materiales de laboratorio

Tabla 2. Materiales, equipos y reactivos utilizados en laboratorio

Materiales	Canti- dad	Capaci- dad	Marca/mode- lo
Tubo de ensayo	2	10 mL	
Vaso precipitado	2	10 ml	Giardino
Pipeta	2	10 mL	Giardino
Pipeteador mecánico	1	10 ml	Pipette Pump
Micropipeta	1	100ul- 1000ul	Boeco Germany
Morteros	1	1L	---
Crisoles	---	---	---
Cubetas	---	---	---
Equipos	Canti- dad	Capacidad	Marca/modelo
Balanza analítica	1	320 g	3Scientific/HZY- 224/323
Deshidratador de alimentos	1	1000 g	Blanik /BDA020
Rotavapor	1	2L	Biobase/Heating Bath
Espectrofotómetro	1	---	Biobase/BK- S360
Reactivos			
Reactivo Folin - Ciocalteu	0,75 ml	---	---

Agua destilada	50 mL	---	---
Etanol de 96°	200 ml	---	---

RESULTADOS

La encuesta se realizó en el distrito de Acobamba, de la región de Huancavelica. El 49 % de personas entrevistadas fueron los varones con edades de 30 a 66 años; mientras el 51 % de entrevistados fueron mujeres con edades de 23 a 71 años.

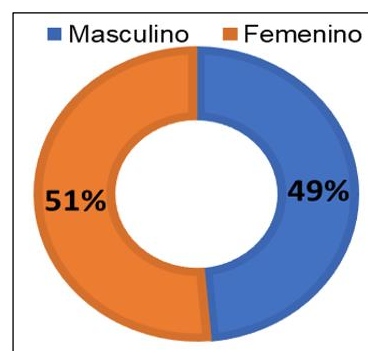


Figura 2. Proporciones de varones y mujeres encuestadas

Se formularon diversos cuestionarios agrupados en 11 preguntas para la entrevista a los pobladores si conocen o no conocen la planta de pisca pisca y lugar donde crece. Los más resaltantes fueron el 66,67 %, que sí conoce la planta de pisca pisca; mientras el 33,33 % no conocen. En su mayoría, esta planta crece en las punas y quebradas (Figura 3). Así, el 95,65 % utilizan en infusión; mientras en la utilización para el malestar el 61,54 % utilizan para gripe; por lo tanto, para prevenir el 36,15 % utilizan para la gripe y uso como medicina alternativa el 79,17 % (Figura 4). El 64 % sí conoce sus propiedades medicinales, pero el 95,83 % no conoce sus propiedades nutricionales; mientras que el 58,33 % no comunica a su médico su utilización de plantas medicinales (Figura 5). Mientras el 95,83 % utilizan de manera ocasional y, en su mayoría, adquieren la planta de pisca pisca en el lugar donde crece.

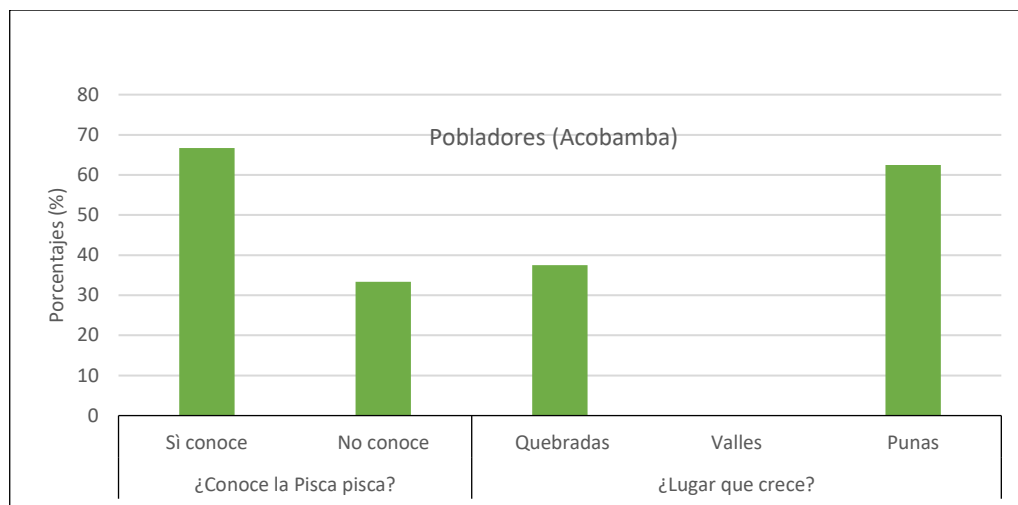


Figura 3. Sí conocen y lugar que crece la pisca pisca

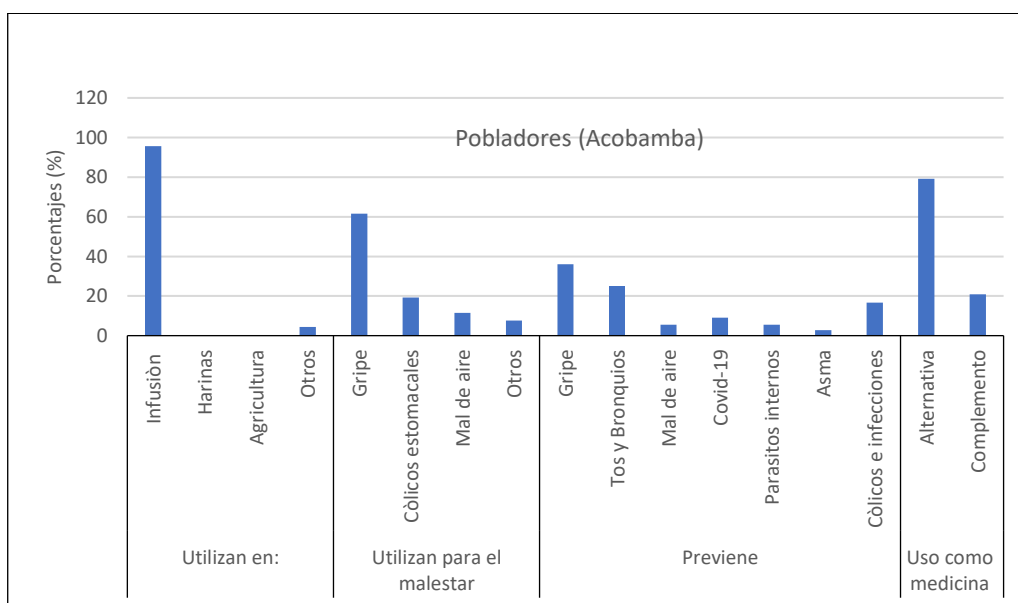


Figura 4. Utilización en prevención de malestar y como medicina tradicional de la pisca pisca

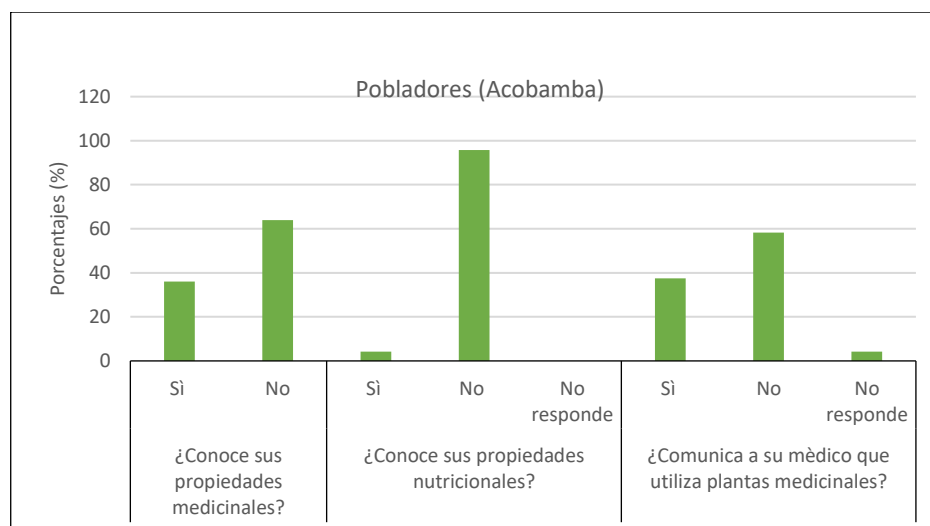


Figura 5. Sí conocen sus propiedades medicinales y nutricionales de la planta

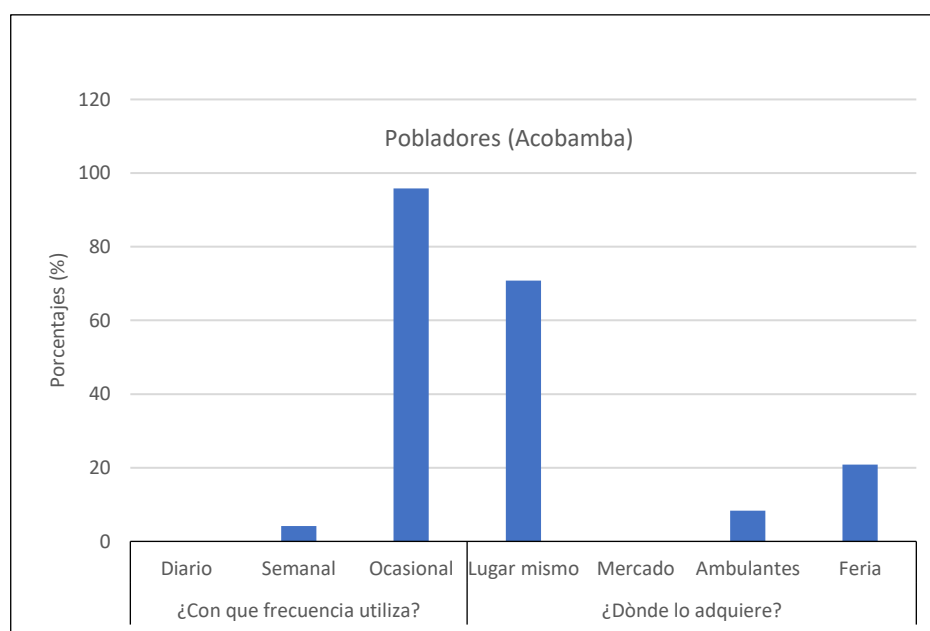


Figura 6. Frecuencia de uso y lugar de adquisición

En la Tabla 2, se aprecia los resultados alcanzados respecto al análisis de polifenoles totales de las hojas de pisca pisca.

Tabla 2. Análisis de compuestos de polifenólicos

Vegetal	Tipo de Análisis	Resultados
Pisca pisca	Polifenoles Totales	691.51 ug/g

DISCUSIÓN

Las mujeres tienen más intervención en la entrevista, así como son las más interesadas en cuanto a la utilización de plantas medicinales.

Respecto a Campos et al., (2024), las mujeres tienen mayor participación, asimismo, las personas mayores a 45 años de edad presentan mayor conocimiento sobre el uso de plantas medicinales.

Heisler et al. (2015), mediante la encuesta a los pobladores, identificaron que tienen saberes populares ancestrales que se

transmite por generación cuanto, a la utilización de plantas medicinales, como soporte a la población asistida y científica.

Los pobladores del distrito de Acobamba utilizan la pisca pisca para prevenir y tratar los diversos malestares, como la fiebre, cólicos estomacales, tos, bronquios, mal de aire, asma y para desparasitar (parásitos internos). Asimismo, en tiempos de covid-19, utilizaron esta planta (pisca pisca) para prevenir el mal y la pandemia.

Los habitantes de las zonas rurales utilizan plantas medicinales que crecen en sus comunidades (Campos et al., 2024). Por ello, existe una serie de vegetales que desinflan o evitan inflamaciones en la parte presumida, por haber una estrecha relación entre los vegetales que tienen capacidades inflamatorias y antioxidantes (Paredes et al., 2015). La pisca pisca la utilizan para malestares estomacales o cólicos estomacales, que coincide con el estudio de Campos et al., (2024) con la que tratan los malestares con la *Verbena officinalis* y *Ocimum basilicum*, utilizadas sus hojas en infusiones para tratamiento de resfriado, fiebre, gripe, trastornos estomacales, malestar mental, entre otros (Peter, 2013).

Para Cerdan y Moreto (2024), la pisca pisca es muy utilizada por los pobladores del ande peruano por sus propiedades medicinales, ya que presenta los componentes fitoquímicos como fenoles, alcaloides, flavonoides, iridoides y taninos, glicósidos cardiotónicos, saponinas y catequinas. Para Vasco et al. (2024), ciertos vegetales son valorados por su potencial terapéutico, atribuido principalmente a la presencia de moléculas bioactivas, también conocidas como sustancias activas, con ciertos metabolitos con propiedad medicinal.

Los pobladores desconocen sus propiedades, pero tienen ese conocimiento ancestral, que trata los diversos malestares y no tienen la cultura de comunicar al médico sobre el uso de la planta medicinal. Asimismo, Campos et al. (2024) presentaron un estudio respecto a la *Psidium guajava* que es tradicionalmente utilizada para tratar antidiarreas y cólicos intestinales. Por otro lado, las diversas plantas (*Burm. f.*; *Aloe vera* L.; *Verbena officinalis* L.; *Psidium guajava* L.

y *Ocimum basilicum* L.) son referentes a trastornos digestivos y estomacales para tratar la fiebre. Por otro lado, las más utilizadas son las hojas y flores; asimismo, los pobladores de las comunidades tienen más conocimientos empíricos y tradicionales que persisten y son considerados como patrimonio natural de la sociedad rural.

Además, algunos pobladores indicaron que la pisca pisca la utilizan para fumigar las plantas, uso como bactericida y utilización como remojado en el pisco (destilado) y tomarlo cuando sea necesario. Asimismo, sugirieron que se investigue más respecto a la pisca pisca. Mediante el hidroalcohólico extraído, se obtuvieron los análisis de polifenoles totales en 691.51 µg/g como un potencial componente bioactiva; cierta información coincide respecto a Cerdan y Moreto, (2024), quienes describen que el extracto hidroalcohólico de las hojas *Columellia obovata* es potencialmente antimicrobiano frente a *Staphylococcus aureus*. Respecto a Cardenas (2019), esta planta, en su extracto, presenta los metabolitos activos como glicósidos cardiotónicos, taninos, alcaloides, fenoles, saponinas, catequinas, aminoácidos, flavonoides, iridoides, resaltando la mayor cuantía de alcaloides y flavonoides.

León et al. (2006) mencionan que es muy importante el estudio de vegetales endémicos y tener estrategias de conservar su diversidad biológica. Mediante León et al. (2006), se caracterizó un total de 5509 taxones restringidos al Perú y que corresponde a un 27,9 % de la flora.

Aproximadamente, el 76 % de las plantas están clasificadas como invasoras. Las especies más amenazadas el 33 % son las que están en peligro, el 18 % en peligro crítico y el 10 % como vulnerables.

Mediante Vasco et al. (2024), las plantas, en sus componentes, presentan sustancias fitoquímicas predominantes que incluyen aminoácidos, celulosa, ceras, lípidos, polifenoles, proteínas, resinas y aceites esenciales. Esta acumulación estratégica de compuestos protectores sirve como mecanismo biológico para defender a la planta contra diversos patógenos, como moho, hongos o bacterias.

CONCLUSIONES

La planta conocida como pisca pisca fue taxonómicamente clasificada como *Columellia obovata* R. & P., perteneciente a la división Magnoliophyta, clase Magnoliosida, subclase Rosidae, orden Rosales, familia *Columelliaceae* y género *Columellia*.

Los pobladores locales del ande peruano tienen conocimientos ancestrales propios en cuanto a la utilización de las plantas medicinales como la pisca pisca para tratar los diversos malestares y síntomas que se presentan en sus seres queridos, siendo esta planta de pisca pisca ampliamente distribuida en el distrito de Acobamba.

El contenido de polifenoles totales en el extracto hidroalcohólico de las hojas de *Columellia obovata* R. & P. fue determinado mediante el método de Folin-Ciocalteu, obteniéndose un valor de 691.51 µg/g de polifenoles totales, lo cual indica un contenido significativo de compuestos fenólicos con potencial actividad antioxidante.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores, por unanimidad, declaran que no hay conflicto de intereses respecto a la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

- Campos, R., Prado, M., Martínez, R., Salas, M. & Rodríguez, L. (2024). Uso y conocimiento Tradicional de Plantas medicinales en comunidades de Villa Corzo, Chiapas, México. *Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat.* 23 (2): 257-272.
<https://doi.org/10.37360/blacpma.24.23.2.18>
- Cárdenas, E. (2019). Efecto antidiarreico del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Alnus acuminata* (Kunth) "aliso" en cobayos. Ayacucho 2018. Tesis. Escuela Profesional De Farmacia Y Bioquímica. Facultad De Ciencias De La Salud. Universidad Nacional de San Cristóbal De Huamanga. Ayacucho-Perú
- Cerdan, P. & Moreto, B. (2024). Efecto antimicrobiano in vitro del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Columellia obovata* Ruiz & Pav. "pisca pisca" frente a cepas de *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 Y *Escherichia coli* ATCC 25922. Lima, 2023. TESIS. Escuela Académico Profesional de Farmacia y Bioquímica, de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, de la Universidad Norbert Wiener. Lima-Perú.
- Cupido, M., De, J. & Cilia, V. (2024). Aproximaciones Evolutivas en Etnobotánica de Plantas medicinales y Bioprospección. *Bot. ci* vol.102 no.1 México Epub 13.
<https://doi.org/10.17129/botsci.3325>
- Duran, R. & Méndez, M. (2010). Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. CICY PPD -FMAM, CONABIO, SEDUMA. Mérida, Yucatán, México.
- Heisler, E., Budò, M., Schimith, M., Badke, M., Ceolin, S. & Heck, R. (2015). Uso de plantas medicinales en el cuidado de la salud: la producción científica de tesis y disertaciones de enfermería brasileña *Enfermería Global*, vol. 14, núm. 3, julio, 2015, pp. 390-403 Universidad de Murcia, Murcia, España.
- León, B., Pitman, N. & Roque, J. (2006). Introducción a las plantas endémicas del Perú. *Rev. Peru. biol.* Número especial 13(2): 9s - 22s. Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM. ISSN 1561-0837
- Magalhaes LM, Santos F, Segundo MA, Reis S, Lima JLFC. (2010). Rapid microplate high-throughput methodology for assessment of Folin-Ciocalteu reducing capacity. *Talanta.* 83:441-447.
- Paredes, D., Buenaño, M. & Mancera, N. (2015). Usos de Plantas medicinales en la Comunidad San Jacinto del Cantón Ventanas, Los Ríos, Ecuador. *Rev UDCA Actual Divulg Cient* 18: 39 - 50.
- Peter, S. (2013). Medicinal and Cooling teas of Barbados. En: Voeks R. Rashord J. (Eds). *African Ethnobotany in Americas.* Springer, New York, USA.
- Rojas, J., Castro, A., Ramos, N., Ramos, D., Alcarraz, M., Segura, J. & Cáceres, D. (2023). Polifenoles y Actividad Antioxidante del Extracto Hidroalcohólico de Hojas de *Petroselinum Crispum* (Mill)

Fuss y su Aplicación en una Crema Dermocosmética. Rev Soc Quim Perú. 89(1). Páginas 49-65.

Surveswaran S, Cai Y, Corke H, Sun M. (2007). Systematic evaluation of natural phenolic antioxidants from 133 Indian medicinal plants. *Food Chem.* 102(3):938- 953.

Vasco, J., Palmeira, R., Guiomar, L., Vaz, C., Rolo, J., Gaspar, C., Oliveira, A., Caramelo, D., Breitenfeld, L., Gonçalves, J., Delgado, F., Martínez, J. & Palmeira, A. (2024). Extracto acuoso e hidrolato de *Humulus lupulus* como ingrediente potencial para cosméticos: caracterización química y evaluación in vitro de sus propiedades antimicrobianas, citotóxicas, antioxidantes y antiinflamatorias. *Fitoterapia*. Volumen 175, 105861.



Revista Científica Altoandina de Ciencias Agrarias

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

**Año 1, N.º 1
Enero-Junio 2025**

ISSN: 3119-7221 (En línea)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
Universidad altoandina, mejorando calidad de vida