



Micaela

Revista de Investigación - UNAMBA

Volumen 6 Núm. 2 año (2025) - <https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025>

ISSN: 2955-8646 (e) - ISSN: 2709-8990



COSMOVISIÓN ANDINA

Representación en la época actual según Google Gemini



UNIVERSIDAD NACIONAL
**MICAELA BASTIDAS
DE APURÍMAC**



ISSN: 2709-8990



Comité Editorial

- **Director:** Ecler Mamani Vilca
- **Editor:** Almer Ventura Roman
- **Comité científico:** Franklin Lozano Cusi

Equipo Técnico:

- Alfredo Huamán Cuya
Universidad Nacional José María Arguedas – Perú
- Edwar Ilasaca Cahuata
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac - Perú
- Ernesto Mauro Suarez Lopez
Universidad Nacional de San Agustín
- Harnold Segundo Portocarrero Prado
Universidad Nacional del Altiplano – Perú
- Iris Eufemia Paredes Gonzales
Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Perú
- José L. Velasquez Garambel
Universidad Nacional del Altiplano – Perú
- Luis Fernando Pérez Falcón
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac – Perú
- Martha Liliana Muñoz Delgado
Universidad del Valle de Colombia
- Pascual Ayamamani Collanqui
Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba – Perú
- Pedro Walter Bravo Matheus
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco – Perú
- Ricardo José Linares Juarez
Pontificia Universidad Católica del Perú
- Roosevelt E. Mamani Quispe
Pontificia Universidad Católica de Chile
- Víctor Bustinza Choque
Universidad Nacional del Altiplano – Perú

Periodicidad: Semestral

Vol. 6 Núm. 2 año (2025)

Áreas temáticas: Multidisciplinaria

Editorial: UNAMBA – Perú

Vice Rectorado de Investigación

<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025>

ISSN: 2955-8646 (e)- **ISSN:** 2709-8990

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2020-10220

Editorial

La revista Micaela, en su volumen 6, número 2 (2025), se consolida como un espacio importante para la difusión del conocimiento y la reflexión en torno a la cosmovisión andina. Esta edición reúne trabajos que destacan la relación entre el ser humano, la naturaleza y la identidad cultural en el contexto actual.

La temática presentada integra los saberes ancestrales con el uso de nuevas tecnologías, permitiendo revalorar la riqueza cultural andina y promover el intercambio de ideas dentro de la comunidad académica.

La presente publicación también resalta el valor simbólico de su portada, donde se representa la armonía entre el ser humano, la Pachamama y la identidad cultural, destacando la importancia del equilibrio y el respeto por la naturaleza.

La revista reafirma su compromiso con la difusión del conocimiento y el fortalecimiento de la identidad cultural y el desarrollo sostenible.

Dr. Ecler Mamani Vilca





Micaela

Revista de investigación - UNAMBA

Autores

- Yulitza Altamirano Arias
 - Roxana Uscamayta Mariño
 - Silvia Soledad López Ibañez
 - Yaneth Aguero Suri
 - Leny Aguero Suri
 - Katerin Stefany Medrano Quispecahuana
 - Víctor Hugo Sarmiento Casavilca
 - Ximena Peralta Peña
 - Angel Antonio Malaga Huarcaya
 - Margot Ccorahua Melgarejo
 - Luis Antonio Pillaca Vilca
 - Edwin José Vargas Villcas
 - Safira Magdiel Sairitupa Altamirano
 - Aydee Katherine Juro Vargas
 - Luis R. Paredes Quiroz
 - Melany Concepción Pizarro Cahuana
 - Liz Alejandra Román Cruz
 - Carlos Eduardo Huamani Mejia
 - Suimer Pareja Ramos
 - Liz Avelina Avalos Rozas
 - Liz Mery Mendieta Navío
 - Carlos Daniel Huachllanqui Olivera
 - Royer Elvis Moreano Condorcuya
- Manuel Ángel Ríos Peña
 - Lizbeth Ríos Peña
 - Erech Ordoñez Ramos
 - Alejandrina Huaylla Quispe
 - Mariana Perpetua, Zevallos Sotomayor
 - Rolando Davalos Negron
 - Bisbal Anthony Choque Casaverde
 - Jennifer Araseli Palma Chipane
 - Ccorahua Sequeiros María Rosa
 - Christel Huachaca Rosales
 - Jhon Kenny Sierra Villegas
 - Federico Sierra Villegas
 - Ricardo Daniel Ccasani Baltazar
 - Hermógenes Ccasani Dávalos
 - Edward Condori Puma
 - Guisela Sherly Estrada Aroni
 - Yudith Sharmely Benito Soria
 - José Wilmar Espinoza Borda
 - Valery Ponce Valer
 - Jorge Beltrán Mendoza Cáceres
 - Nilber Pablo Vera Sulla
 - Rodrigo Loayza Elguera
 - Alfredo Huamán Cuya
 - Elio Nolasco Carbaja
- Dr. Ecler Mamani Vilca / Director del Comité Editorial

Av. Garcilaso C.U Tamburco, Abancay Telef, +51983747138

Apurímac – Perú eclervirtual@unamba.edu.pe

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2020-10220 ISSN: 2709-8990

ISSN: 2955-8646 (e)- ISSN: 2709-8990

Tiraje: 500 ejemplares

Volumen 6 Número 2 – 2025

Se terminó de imprimir en El Misti EIRL

RUC 2056294423 - Cel: 995218612

1

→ Responsabilidad social universitaria en la construcción de la imagen institucional: un estudio correlacional en una universidad pública

Pág. 01

2

→ Impacto del tipo de secado en las propiedades fisico-químicas, funcionales y capacidad antioxidante de *Pleurotus djamor*

Pág. 09

3

→ Desarrollo y Evaluación De Un Mix Nutricional Alto En Proteínas Para Deportistas Usando *Pleurotus Spp.* Como Complemento Proteico.

Pág. 16

4

→ Desarrollo de champú sólido con incorporación de compuestos aromáticos de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) como fragancia natural.

Pág. 24

5

→ Revalorización de la mashua: percepción social y alcances políticos desde un enfoque cualitativo en estudiantes y especia listas UNAMBA – 2025

Pág. 32

6

→ Optimización mediante la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM) para la formulación de una bebida funcional a base de lactosuero, durazno (*Prunus persica*) y polen de abeja

Pág. 40

**Í
N
D
I
C
E**

7

→ Predicción de exportaciones por departamentos en el Perú mediante modelos de Machine Learning y series temporales

Pág. 50

8

→ Aceptabilidad sensorial de gomitas con bazo de bovino y pulpas de frutas como apoyo en la prevención de la anemia infantil

Pág. 60

9

→ Elaboración de cerveza estilo lager con adición de arándano azul (*Vaccinium corymbosum*)

Pág. 68

10

→ Caracterización proximal y perfil de aminoácidos del polen apícola (*Apis mellifera*) en relación con el perfil palinológico de Lambrama, Apurímac: como un potencial recurso nutricional

Pág. 77

11

→ Aplicación del método de elementos finitos para el análisis de estabilidad de taludes en el río Sahuanay, Abancay – Apurímac

Pág. 86

12

→ Control interno como herramienta estratégica en la gestión de contrataciones y adquisiciones en una Municipalidad Distrital

Pág. 95

**Í
N
D
I
C
E**



Revista Micaela

ISSN: 2955-8646 (en línea) / 2709-8990 (Impresa)
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
Vice Rectorado de Investigación – Perú

Vol. 6 Num. 2 (2025) - Publicado: 16/12/25
<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025>
Páginas: 1- 8
Recibido 13/10/2025; Aceptado 14/12/2025

<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025.181>

Edición Especial: Cosmovisión Andina – 2025

Autores:

1. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0007-2430-2061> Yulitza Altamirano Arias, está en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Perú
altamiranoariasyulitza@gmail.com
2. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0004-4342-7263> Roxana Uscamayta Mariño, docente de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
ruscaymata@unamba.edu.pe
3. **ORCID iD** <https://orcid.org/0000-0002-5815-8906> Silvia Soledad López Ibañez, docente de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
slopez@unamba.edu.pe

Responsabilidad social universitaria en la construcción de la imagen institucional: un estudio correlacional en una universidad pública

University social responsibility in the construction of the institutional image: a correlational study in a public university

Yulitza Altamirano Arias¹, Roxana Uscamayta Mariño² y Silvia Soledad López Ibañez³

Resumen. Este artículo tiene como objetivo conocer la relación entre la Responsabilidad Social Universitaria (RSU) y la imagen institucional desde la percepción de los estudiantes de una universidad pública. Se empleó un diseño descriptivo- correlacional, no experimental y transversal. La población fue de 3326 estudiantes, con una muestra de 344. Se aplicó un cuestionario con escala Likert y se analizaron los datos con el coeficiente Rho de Spearman. Los resultados evidencian correlaciones positivas y significativas entre la RSU y las dimensiones de imagen institucional: funcional (73.2%), autoimagen (73.3%) e intencional (71.7%). La correlación general fue de 80.4%. Se concluye que fortalecer las prácticas de RSU mejora la legitimidad, confianza y reconocimiento institucional desde la perspectiva estudiantil.

Palabras Clave: Responsabilidad Social Universitaria, Imagen Institucional, Estudiantes, Universidad.

Abstract. This article aims to explore the relationship between University Social Responsibility (USR) and institutional image from the perspective of students at a public university. A descriptive-correlational, non-experimental, cross-sectional design was used. The population consisted of 3,326 students, with a sample of 344. A Likert-scale questionnaire was administered, and the data were analyzed using Spearman's rho coefficient. The results show positive and significant correlations between USR and the dimensions of institutional image: functional (73.2%), self-image (73.3%), and intentional (71.7%). The overall correlation was 80.4%. It is concluded that strengthening USR practices improves institutional legitimacy, trust, and recognition from the student perspective.

Keywords: University Social Responsibility, Institutional Image, Students, University.

1 Introducción

La Responsabilidad Social Universitaria (RSU) es la conexión entre las universidades y la sociedad a través de proyectos que buscan mejorar el bienestar colectivo, ofrecer una educación significativa, fomentar el progreso sostenible y proteger el ambiente. Las actividades relacionadas con la RSU ayudan a acercar a la universidad con su comunidad y también influyen en cómo los estudiantes ven a su institución. Desde finales de los años noventa, el interés en la RSU ha crecido mucho, en parte gracias al impulso de organismos como la UNESCO y el Banco Interamericano de Desarrollo, quienes promovieron su desarrollo frente a desafíos globales como el acceso igualitario a la educación superior, el financiamiento público universitario y la calidad educativa. En América Latina, la Unión de Responsabilidad Social Universitaria Latinoamericana (URSULA), que integra a 72 universidades principalmente de Perú y Colombia, promueve una mirada amplia de la RSU combinando gestión institucional y compromiso local. Alrededor del 85% de los miembros están en Sudamérica. Además, la Asociación de Universidades Confiadas a la Compañía de Jesús en América Latina



(AUSJAL) reúne a 31 universidades jesuitas, sobre todo en México y Brasil. Ambas organizaciones buscan fortalecer la cultura de la RSU en las universidades de la región [1]. La RSU consiste en iniciativas destinadas a incentivar que los estudiantes participen activamente en su propio aprendizaje, promoviendo actitudes éticas y una cultura de responsabilidad social fundamentada en valores y excelencia académica [2]. Diversos estudios indican que cuando una universidad participa activamente en su entorno, los estudiantes desarrollan un sentido de pertenencia, confianza y aprecio, lo que proyecta una imagen institucional sólida y positiva. Analizar la responsabilidad social universitaria junto a la imagen institucional permite identificar cómo las universidades responden a exigencias sociales y éticas. Estos factores consolidan la legitimidad, reputación y posicionamiento institucional, además de impactar en la satisfacción de los estudiantes y en la captación de talento. Evaluar estos aspectos favorece la gestión estratégica y la mejora continua, resultando fundamental para formar una comunidad universitaria valorada y alineada con sus principios [3] y [4]. De igual modo, los estudios evidencian que la RSU, considerada como un concepto amplio que incluye aspectos como el campus responsable, la formación ciudadana y la participación social, influye de manera positiva en la satisfacción académica del estudiantado. Estos hallazgos subrayan la relevancia de que las universidades impulsen prácticas socialmente responsables, ya que esto contribuye a fortalecer tanto la percepción como el compromiso de los estudiantes con su proceso formativo, especialmente dentro del ámbito de las instituciones públicas de educación superior [5]. Por otra parte, se establece que la calidad académica, los factores sociales, los elementos tangibles y la accesibilidad constituyen los principales determinantes de la imagen institucional en las universidades, explicando más del 68% de la percepción estudiantil. Esto resalta la importancia de gestionar y optimizar dichos aspectos para consolidar una imagen institucional favorable en el ámbito de la educación superior [6]. De igual forma, se evidencia que la imagen institucional, fundamentada en componentes tanto cognitivos como afectivos, incide significativamente en la satisfacción de los estudiantes, lo que subraya la necesidad de fortalecer la reputación y las relaciones institucionales para mejorar la percepción global [7].

En la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, la responsabilidad social universitaria suele apreciarse desde la perspectiva estudiantil principalmente a través de acciones asistenciales o recreativas, como chocolatadas, campañas navideñas, jornadas de limpieza de áreas verdes y actividades comunitarias esporádicas. Aunque estas iniciativas reflejan un interés en relacionarse con la comunidad, su alcance limitado muestra una interpretación restringida de la RSU, centrada específicamente en lo operativo y dejando de lado aspectos formativos o estratégicos. Esta percepción se confirma al observar el portal institucional, donde se priorizan servicios como comedor universitario, actividades culturales y deportivas, transporte educativo, atención médica, gestión ambiental, orientación psicopedagógica y apoyo psicológico. Si bien estos recursos contribuyen significativamente al bienestar de los estudiantes, por sí mismos no constituyen una política completa de RSU enfocada en el desarrollo humano, la transformación social o la sostenibilidad. Estos eventos han deteriorado tanto la percepción externa como la confianza interna de la comunidad universitaria, generando una imagen fragmentada y poco coherente con los principios de responsabilidad social que deberían guiar a una universidad pública. Por otro lado, instituciones con mayor trayectoria como la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) y la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) han logrado consolidar modelos más robustos y multidimensionales de RSU. Por ejemplo, la UNMSM cuenta con un centro especializado en responsabilidad social y extensión universitaria que vincula la formación académica, el trabajo comunitario, la investigación aplicada y la promoción de una ciudadanía activa. La UNI, por su parte, ha incorporado la RSU en sus pilares de sostenibilidad, innovación tecnológica, formación ética y proyección social, fortaleciendo así tanto su imagen institucional como su legitimidad ante la sociedad. Al comparar estos enfoques, queda claro que la UNAMBA enfrenta desafíos importantes en la elaboración de una política de RSU que supere las prácticas asistenciales y se integre plenamente con su misión institucional, la preparación profesional y el compromiso con el desarrollo regional. La visión restringida de la RSU repercute directamente en la reputación de la institución, que se ha visto afectada últimamente por diversos problemas de gobernabilidad, como conflictos internos entre autoridades, procesos de reorganización administrativa, tomas de instalaciones y falta de continuidad en la gestión. En consecuencia, el presente estudio busca responder a la siguiente pregunta ¿Qué relación existe entre la Responsabilidad social universitaria y la imagen institucional desde la percepción de los estudiantes de una universidad pública?. Se planteó como objetivo conocer la relación que existe entre la Responsabilidad social universitaria y la imagen institucional desde la percepción de los estudiantes de una universidad pública. La aplicación de ambas variables permitió evidenciar el impacto que la responsabilidad social universitaria y la imagen institucional generan en la sociedad y el ambiente.

Marco Teórico

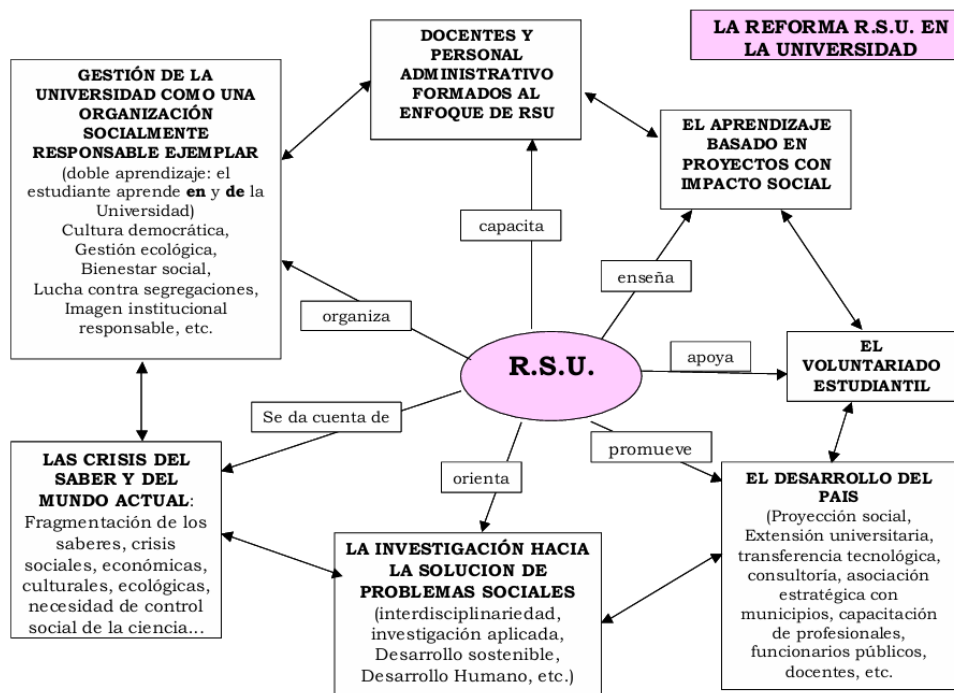
Responsabilidad Social Universitaria

La Responsabilidad Social Universitaria (RSU) se define como el compromiso que asume una institución para fomentar y optimizar el bienestar social, en consonancia con la consecución de sus propios objetivos institucionales [8]. La RSU fomenta una vida universitaria integral, procurando el equilibrio entre las dimensiones académica, investigativa, de extensión y de gestión. Este enfoque tiene como propósito garantizar la calidad, promover la ciudadanía y proteger el medio ambiente, comprometiendo a toda la comunidad universitaria en su cumplimiento [9]. La RSU consiste en la gestión ética y eficiente de los impactos que la institución produce en la sociedad mediante sus actividades académicas,

investigativas, de extensión y contribución al desarrollo nacional en diferentes escalas y sectores. Asimismo, comprende los efectos derivados de las interacciones entre los miembros de la comunidad universitaria, el entorno ambiental y las entidades públicas y privadas relacionadas. Este compromiso representa un elemento fundamental en la vida universitaria, fomenta el desarrollo sostenible y el bienestar social, e involucra a todos los integrantes de la universidad [10].

El Estado peruano destaca la importancia de la Ley Universitaria N° 30220 al señalar que, en el ámbito latinoamericano, constituye la primera normativa legal que establece de manera obligatoria la responsabilidad social universitaria. En particular, el artículo 124 define la RSU como la gestión ética y eficaz del impacto generado por la universidad en la sociedad a través del desarrollo de sus funciones académicas, investigativas, de extensión de servicios y participación en el desarrollo nacional en todos sus niveles y dimensiones. Asimismo, el proceso de renovación del licenciamiento enfatiza que el compromiso social no es una opción, sino una función esencial e inherente a toda institución universitaria [11]. Para abordar la RSU desde una perspectiva global, se analizan dos modelos teóricos complementarios que facilitan la comprensión de su impacto tanto institucional como social. El primero es el proyecto Universidad: Construye País, desarrollado en Chile, donde la RSU se define como un eje de transformación que fortalece la relación entre la universidad y la sociedad, promoviendo una formación enfocada en el desarrollo humano y en la justicia social [12]. Este modelo estructura las funciones universitarias en docencia, investigación y extensión, subrayando la gestión como una actividad fundamental para asegurar prácticas éticas, democráticas y sostenibles. El segundo modelo propone cuatro líneas de acción: la gestión interna, centrada en promover equidad y transparencia; la docencia, que integra un enfoque social al plan de estudios; la investigación, dedicada a resolver problemas mediante colaboraciones interdisciplinarias; y la proyección social, que vincula el conocimiento académico con las necesidades de la comunidad. Estos enfoques permiten observar la RSU como una estrategia transversal capaz de influir tanto en la calidad institucional como en el desarrollo de una universidad comprometida con su entorno [13].

Fig. 1. La reforma RSU en la universidad



La Fig.1 ilustra un esquema en el que la RSU se posiciona como eje central en la articulación de procesos clave dentro de la universidad: gestión interna, cuerpo docente, investigación aplicada, aprendizaje con proyección social y voluntariado estudiantil. Cada uno de estos componentes se relaciona a través de acciones como organización, formación, docencia y orientación, lo que evidencia el rol transformador de la RSU en la consolidación del compromiso social y la sostenibilidad institucional [14].

Imagen institucional

La imagen institucional es la manera en que la sociedad percibe a una organización, como una universidad, tomando en cuenta sus acciones, principios, mensajes y decisiones. Esta imagen se forma a partir tanto de aspectos tangibles como intangibles relacionados con la organización, la comunicación, el personal y los valores sociales [15]. La imagen

institucional se configura a partir de la percepción del público, quienes ejercen un papel primordial en su generación y desarrollo, por encima de la propia organización. Este aspecto resulta fundamental para comprender el proceso de construcción de la imagen de una entidad. La imagen institucional está determinada por el nivel de satisfacción global de los miembros de la institución y de la comunidad usuaria [16]. Para lograr una imagen institucional positiva, es esencial que todo el personal de las entidades públicas trabaje con eficiencia, comparta la identidad y los valores de la institución, entienda claramente su filosofía laboral y brinde una atención amable tanto a quienes trabajan dentro como fuera de la organización. Esto favorece una percepción favorable de la institución, como resultado de una gestión efectiva y el empleo correcto de habilidades gerenciales [17]. De este modo, será la propia comunidad de usuarios quien evalúe y promueva la gestión eficiente, fundamentada en competencias gerenciales sólidas y resultados positivos. Para lograr una comprensión integral de la imagen institucional en el ámbito universitario, se han seleccionado dos modelos teóricos como marco de referencia. Desde una perspectiva global, el primer modelo conceptualiza la imagen institucional como el resultado de la interacción entre tres elementos fundamentales: el comportamiento corporativo, la cultura organizacional y la personalidad empresarial. La relación entre estos componentes genera tres manifestaciones específicas de imagen: la imagen funcional, la autoimagen y la imagen intencional [18]. Por otro lado, el modelo IMAGEing de imagen institucional se entiende como un concepto general formado a partir de las experiencias del público con una institución. Este modelo distingue cinco áreas principales: accesibilidad (ya sea académica, económica, social o geográfica), calidad del servicio (incluyendo la tecnología y el trato recibido), calidad académica (como investigación, currículo y acreditación), elementos tangibles (la infraestructura física) y aspectos sociales (interacciones personales y actividades fuera del aula). La imagen institucional mejora si los estudiantes reciben un buen trato y la comunicación es efectiva, evitando problemas que la puedan dañar. Analizar estos modelos ayuda a comprender mejor cómo se crea y proyecta la imagen institucional tanto hacia adentro como hacia afuera [19].

2 Método

La presente investigación se realizó bajo un enfoque cuantitativo, partiendo de un problema y objetivo claramente definidos. Se clasificó como un estudio básico, orientado a profundizar en el conocimiento sobre la responsabilidad social universitaria e imagen institucional.

2.1. Diseño

El diseño fue descriptivo-correlacional, no experimental y transversal. Este diseño permitió analizar la relación entre las variables sin manipularlas y observarlas tal como se presentan en su contexto natural. La recolección de datos se realizó en un solo momento.

2.2. Población y muestra

La población fue de 3326 estudiantes de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac de la sede central del semestre 2023-I. Valderrama define la muestra como un subgrupo o parte de la población de estudio [20]. La muestra fue de 344 estudiantes distribuidos entre las facultades de Administración, Educación y Ciencias Sociales, Ingenierías y Medicina Veterinaria, para su selección se empleó el muestreo probabilístico estratificado.

2.3. Instrumento

La técnica se refiere al método utilizado para recopilar datos, mientras que el instrumento corresponde a la herramienta empleada para realizar dicha recolección [21]. Por lo tanto, se empleó la encuesta como técnica y como instrumento el cuestionario que estuvo conformado por 20 ítems para la variable RSU y 10 ítems para la variable imagen institucional, las preguntas fueron diseñadas bajo una escala de Likert. Dicho instrumento fue sometido a un proceso de validación por tres expertos con especialidad en la materia de investigación para asegurar su pertinencia y coherencia. Del mismo modo, se realizó el análisis de confiabilidad, obteniéndose un coeficiente de Alfa de Cronbach de 0.956, valor que evidencia una consistencia interna excelente. Finalmente, el cuestionario fue aplicado de manera virtual a través de un formulario de Google.

2.4. Procedimiento de recolección

El análisis de la información se desarrolló en varias fases. En una primera etapa, se construyó una base de datos en la que se registraron y organizaron todas las respuestas proporcionadas por los participantes. Esta base permitió ordenar las variables e indicadores definidos en el estudio y verificar la integridad de los datos antes del procesamiento estadístico. Luego se realizó un proceso de revisión de la información, con el objetivo de detectar valores atípicos, respuestas

incompletas y posibles inconsistencias. Asimismo, se efectuó la codificación de los ítems formulados en escala Likert, luego se realizó la baremación de las alternativas: bajo, medio y alto.

Una vez depurada la base de datos, se aplicaron procedimientos de estadística descriptiva para obtener el comportamiento de las variables. En una fase posterior, se llevó a cabo el análisis inferencial con la finalidad de comprobar la relación entre las variables planteadas en la investigación. Debido a que los datos no presentaban normalidad, se optó por un modelo de análisis no paramétrico, aplicando el coeficiente de correlación Rho de Spearman, lo que permitió estimar la magnitud y sentido de la asociación.

2.5. Análisis de datos

El análisis de datos se realizó mediante estadística descriptiva y correlacional, utilizando SPSS en su versión 25, para obtener frecuencias, porcentajes y el coeficiente de correlación que permitió determinar la relación entre las variables, complementado con el uso de Microsoft Excel para la gestión preliminar de la información y la elaboración de las tablas.

3 Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis estadístico aplicado para contrastar la hipótesis de investigación: existe una relación significativa entre la responsabilidad social universitaria y la imagen institucional, según la percepción de los estudiantes de una universidad pública, los hallazgos se centran exclusivamente en las correlaciones calculadas mediante el coeficiente Rho de Spearman.

Se muestran las asociaciones identificadas entre las variables y cada una de sus dimensiones, lo que permite determinar el sentido y la intensidad del vínculo percibido por los estudiantes de una universidad pública. Estos valores posibilitan establecer si la relación propuesta alcanza niveles de significancia estadística y si dicha asociación resulta positiva, negativa o inexistente.

Tabla 1. Correlación entre la responsabilidad social universitaria e imagen institucional

			Imagen institucional	
Rho de Spearman	de Responsabilidad social universitaria	Coeficiente de correlación	.804**	
		Sig. (bilateral)	.000	
		N	344	

Nota. ** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Los resultados indican un p-valor menor a 0.001, lo que proporciona evidencia estadística suficiente para afirmar la existencia de una relación significativa entre la responsabilidad social universitaria y la imagen institucional, según la percepción de los estudiantes de una universidad pública. Además, el coeficiente Rho de Spearman obtenido fue de 80.4%, lo que demuestra una correlación positiva alta, esto indica que, a medida que los estudiantes perciben un mayor compromiso y desarrollo de prácticas de responsabilidad social por parte de la universidad, también tienden a otorgar una valoración más favorable a la imagen institucional. Por lo tanto, la significancia estadística obtenida demuestra que este resultado no es producto del azar, sino que constituye un hallazgo consistente dentro del análisis realizado.

Estos resultados respaldan empíricamente la relevancia de la responsabilidad social universitaria como un factor clave en la construcción, fortalecimiento y sostenibilidad de la imagen institucional

Tabla 2. Correlación entre la responsabilidad social universitaria e imagen funcional

			Imagen funcional	
Rho de Spearman	de Responsabilidad social universitaria	Coeficiente de correlación	.732**	
		Sig. (bilateral)	.000	
		N	344	

Nota. ** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

El análisis de correlación realizado entre la responsabilidad social universitaria y la dimensión de imagen funcional arrojó un coeficiente Rho de Spearman de 73.2%, con un nivel de significancia bilateral de $p = 0.000$. Este valor muestra una relación positiva y de alta intensidad entre la variable y la dimensión, esto indica que, a medida que los estudiantes perciben mayores niveles de responsabilidad social por parte de la institución, tienden a valorar de manera más favorable la imagen funcional de la universidad.

El nivel de significancia obtenido ($p < 0.01$) confirma que dicha relación es estadísticamente significativa, lo que permite descartar la posibilidad de que los resultados se expliquen por el azar. Estos hallazgos respaldan la hipótesis planteada y sugieren que la responsabilidad social universitaria constituye un determinante relevante en la construcción de la percepción institucional desde el ámbito funcional.

Tabla 3. Correlación entre la responsabilidad social universitaria y autoimagen

			Autoimagen
Rho de Spearman	de Responsabilidad social universitaria	Coefficiente de correlación	.733**
		Sig. (bilateral)	.000
		N	344

Nota. ** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

El análisis correlacional entre la responsabilidad social universitaria y la dimensión de autoimagen arrojó un coeficiente Rho de Spearman de 73.3%, con un nivel de significancia bilateral de $p = 0.000$. Este valor indica una asociación positiva y elevada entre ambas variables, lo que sugiere que una mayor percepción de compromiso institucional con la responsabilidad social se relaciona con una mejor valoración de la autoimagen que los estudiantes construyen acerca de su universidad.

El nivel de significancia obtenido ($p < 0.01$) confirma que esta relación es estadísticamente sólida, descartando que los resultados se deban al azar. En conjunto, los datos evidencian que las acciones vinculadas a la responsabilidad social influyen de manera notable en la percepción identitaria y en la apreciación interna que los estudiantes desarrollan sobre la institución.

Tabla 4. Correlación entre la responsabilidad social universitaria e imagen intencional

			Imagen intencional
Rho de Spearman	de Responsabilidad social universitaria	Coefficiente de correlación	.717**
		Sig. (bilateral)	.000
		N	344

Nota. ** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

El análisis correlación entre la responsabilidad social universitaria y la imagen intencional mostró un coeficiente Rho de Spearman de 71.7%, acompañado de un nivel de significancia bilateral de $p = 0.000$. Este resultado indica una correlación positiva y de considerable magnitud, lo cual sugiere que, cuando los estudiantes perciben un mayor compromiso institucional con la responsabilidad social, también tienden a valorar de manera más favorable la imagen intencional que la universidad busca proyectar.

El nivel de significancia obtenido ($p < 0.01$) confirma que esta asociación es estadísticamente consistente, por lo que la probabilidad de que el hallazgo sea atribuible al azar es mínima. En síntesis, los datos evidencian que las acciones relacionadas con la responsabilidad social influyen de forma sustantiva en la percepción que los estudiantes desarrollan respecto a los propósitos, mensajes y posicionamiento institucional.

4 Discusiones Conclusiones

De acuerdo con otras investigaciones, el estudio realizado en universidades de Indonesia confirma que la imagen institucional funciona como mediadora entre la RSU y la lealtad estudiantil. Los resultados muestran que la RSU ejerce un impacto directo sobre la imagen institucional, respaldando la premisa de que fortalecer las prácticas de RSU puede mejorar notablemente la percepción institucional y, por ende, incrementar la vinculación de los estudiantes con la universidad [22]. Por otro lado, se puso de manifiesto que la responsabilidad social tiene escasa presencia en las declaraciones de misión y visión de las universidades latinoamericanas pertenecientes a las redes URSULA y AUSJAL. A partir de este hallazgo, se resalta la importancia de reforzar este compromiso dentro de las estrategias institucionales para impulsar una responsabilidad social más sólida en las instituciones universitarias [23]. Asimismo, se identificó una relación entre la percepción estudiantil sobre la RSU y la imagen institucional. El 86.1 % de los estudiantes que consideran inadecuada la gestión de la RSU por parte de su universidad también perciben una imagen institucional deficiente. En contraste, entre quienes califican la RSU como regular y buena, el 65.3 % y el 63.9 %, respectivamente, asocian dicha gestión con una imagen institucional adecuada [24]. El 82.4 % de las personas que consideran la RSU como muy buena asocian esta gestión con una imagen institucional sobresaliente. Esto indica que las prácticas de RSU no solo inciden en el compromiso ético y social de la universidad, sino que también contribuyen a fortalecer su reputación ante la comunidad estudiantil, consolidando así su legitimidad y prestigio institucional. Por último, los autores enfatizan que la articulación de la

Responsabilidad Social Universitaria con la gestión comunicacional posibilita el desarrollo de una reputación institucional sólida y sostenible, lo que fortalece la confianza de los grupos de interés. Asimismo, destacan que la adopción de estándares internacionales y metodologías verificables resulta esencial para incrementar los niveles de transparencia y consolidar la imagen corporativa. La investigación también observa que fomentar el empoderamiento ciudadano y la participación activa promueve una gestión más democrática y comprometida [25].

Los resultados obtenidos permiten identificar una tendencia consistente entre los niveles percibidos de responsabilidad social universitaria y la imagen institucional. El análisis de la distribución de respuestas revela una relación proporcional: al mejorar la percepción de la RSU, aumenta igualmente la valoración de la imagen institucional. Esta correlación se observa con mayor intensidad en los valores extremos, aunque también existe una concentración relevante en los niveles intermedios, lo que indica una percepción moderada por parte del estudiantado. Los patrones identificados facilitan el análisis sobre la integración de la RSU en la cultura organizacional y su repercusión en la reputación institucional.

Esta investigación concluye que existe una relación positiva de 80.4% entre la responsabilidad social universitaria y la imagen institucional según la percepción de los estudiantes de una universidad pública. Esto significa que fortalecer las acciones de RSU puede mejorar notablemente cómo el estudiantado percibe a la institución. Además, una gestión responsable socialmente no solo refuerza el compromiso ético de la universidad, sino que también mejora su reputación, legitimidad y conexión con la comunidad universitaria. Por eso, incorporar la RSU en la cultura y las estrategias internas es fundamental para mantener una imagen institucional fuerte y duradera.

5 Biografías

Yulitza Altamirano Arias, Licenciado en Administración.

Roxana Uscamayta Mariño. Docente de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Licenciado en Administración, con grado de Maestro en Administración mención Gestión Pública y Desarrollo Empresarial de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Silvia Soledad Lopez Ibáñez. Docente universitario desde agosto del 2004 en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Licencia en Administración de la Universidad Nacional de Trujillo. Con Grado de Maestro en Administración de la Universidad Alas Peruanas y grado de Doctor en Ciencias de la Educación de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.

6 Referencias

- [1] R. Gaete Quezada, «Responsabilidad Social Universitaria como ámbito estratégico para las Instituciones de Educación Superior», *PODIUM*, n.o 43, pp. 19-40, jun. 2023, doi: 10.31095/podium.2023.43.02.
- [2] L. Hernández Alcaraz, J. Juárez Mancilla, y W. S. Trujillo Narváez Rivera, «Estudio de la responsabilidad social universitaria: una revisión de la literatura», *Investigación & Desarrollo*, vol. 32, n.o 2, pp. 212-237, jun. 2024, doi: 10.14482/in-des.32.02.210.524.
- [3] G. del C. Olvera León, O. Sánchez-Armáss Cappello, O. A. Palacios Rodríguez, S. Y. Medina Orta, y R. E. Armendáriz Zarazua, «La Responsabilidad Social Universitaria y su implementación: una revisión panorámica», *Emerging Trends in Education*, vol. 4, n.o 8, pp. 107-124, ene. 2022, doi: 10.19136/etie.a4n8A.4756.
- [4] L. M. Ibarra Uribe, C. D. Fonseca Bautista, y R. Santiago García, «La responsabilidad social universitaria. Misión e impactos sociales», *Sinéctica, Revista Electrónica de Educación*, n.o 54, pp. 1-18, ene. 2020, doi: 10.31391/S2007-7033(2020)0054-011.
- [5] L. Lucirene Rangel, M. A. Bocanegra Noriega, A. Garza Arroyo, y M. L. Ochoa Hernández, «Responsabilidad social universitaria y satisfacción estudiantil. Un análisis SEM de segundo orden», vol. 25, pp. 1-22, dic. 2024.
- [6] E. Acosta-Lewis, «Institutional Image: A Case Study of George Mason University», *Kappa Delta Pi Record*, vol. 27, n.o 2, pp. 63-64, ene. 1991, doi: 10.1080/00228958.1991.10531845.
- [7] N. Azoury, L. Daou, y C. EL Khoury, «University image and its relationship to student satisfaction- case of the Middle Eastern private business schools», *International Strategic Management Review*, vol. 2, n.o 1, pp. 1-8, jun. 2014, doi: 10.1016/j.ism.2014.07.001.
- [8] I. Chiavenato, *Introducción a la Teoría General de la Administración*, Sistema edición. McGraw Hill Interamericana, 1999.
- [9] Universidad Nacional Mayor de San Marcos, *Estatuto*. Lima - Perú, 2016.
- [10] Congreso de la Republica del Perú, *Ley Universitaria N° 30220*. 2014. Accedido: 6 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.minedu.gob.pe>
- [11] Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria, «Licenciamiento Institucional ». Accedido: 6 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.sunedu.gob.pe>
- [12] Corporación PARTICIPA y Fundación AVINA, «Proyecto Universidad Construye País: Responsabilidad Social Universitaria», 2004. Accedido: 6 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.pucv.cl/uuaa/site/docs/20210713/20210713130254/ucp_2004.pdf
- [13] F. Vallaey, *La responsabilidad social universitaria: Propuesta para una universidad latinoamericana*. Lima: Universidad del Pacífico, 2004. Accedido: 6 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.rsuniversitaria.org>
- [14] F. Vallaey, «Responsabilidad Social Universitaria», 2004. Accedido: 22 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/89e91518-ef25-40f4-a04f-38b3e1cebdc/content>
- [15] H. Alves y M. Raposo, «The influence of university image on student behaviour», *International Journal of Educational Management*, vol. 24, n.o 1, pp. 73-85, ene. 2010, doi: 10.1108/09513541011013060.
- [16] R. I. Bravo Herrera y E. Damian Nuñez, «Clima laboral y percepción de la imagen institucional», vol. 10, dic. 2021.
- [17] M. Vílchez Ordoñez y K. Sánchez Davila, «Gestión por procesos e imagen institucional: en busca de mayor visibilidad municipal para los ciudadanos», *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 5, n.o 4, pp. 6444-6468, ago. 2021, doi: 10.37811/cl_rcm.v5i4.778.
- [18] J. Villafañe Gallego, *La gestión profesional de la imagen corporativa*. Pirámide, 1999.
- [19] V. Guerra y P. Arends, «Medición de la Imagen Institucional de un Postgrado Universitario», *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, vol. I, pp. 10-20, dic. 2009, Accedido: 22 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2150/215016873003>
- [20] C. y M. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica : Cuantitativa, Valderrama Mendoza, Santiago, (2a ed.). San Marcos, 2014. Accedido: 16 de septiembre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://sisbiblio.unah.edu.pe/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=62
- [21] A. E. Canahuire Montufar, F. Endara Mamani, y E. A. . Morante Rios, *¿Cómo hacer una tesis universitaria?* Cusco: Colorgraf S.R.L., 2015.
- [22] S. Suranta y R. Rahmawati, «The role of higher education image and service quality on the effect of university social responsibility (USR) on student loyalty in Indonesia», *Journal of Applied Research in Higher Education*, vol. 16, n.o 2, pp. 378-390, mar. 2024, doi: 10.1108/JARHE-11-2022-0338.
- [23] R. Gaete Quezada y J. Álvarez Rodríguez, «Responsabilidad social universitaria en Latinoamérica. Los casos de URSULA y AUSJAL», *Actualidades Investigativas en Educación*, vol. 19, n.o 3, ago. 2019, doi: 10.15517/aie.v19i3.38637.
- [24] A. K. Artadi Gardella, «Responsabilidad Social Universitaria y su relación con la Imagen Institucional desde el punto de vista de los alumnos de la facultad de comunicaciones en dos universidades privadas de Lima Sur, 2024», *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas- Escuela de Posgrado*, 2025. Accedido: 23 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://repositorio-academico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/684884/Artadi_GA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [25] E. A. Quispez Herrera, «Estrategias de comunicación sostenible en la responsabilidad social universitaria: impacto en la imagen institucional», vol. 6, pp. 571-585, jun. 2025.



Revista Micaela

ISSN: 2955-8646 (en línea) / 2709-8990 (Impresa)
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
Vice Rectorado de Investigación – Perú

Vol. 6 Num. 1 (2025) - Publicado: 16/12/25
<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025>
Páginas: 9 - 15
Recibido 13/10/2025; Aceptado 15/12/2025

<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025.182>

Edición Especial: Cosmovisión Andina – 2025

Autores:

1. ORCID ID <https://orcid.org/0009-0000-1122-5545> Yaneth Aguero Suri, estudiante de la carrera profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac – PE, 191064@unamba.edu.pe
2. ORCID ID <https://orcid.org/0009-0001-2146-0554> Leny Aguero Suri, estudiante de la carrera profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac – PE, 211379@unamba.edu.pe
3. ORCID ID <https://orcid.org/0009-0008-5122-5847> Katerin Stefany Medrano Quispecahuana, Laboratorista de la carrera profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac - PE, kmedrano@unamba.edu.pe
4. ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-3337-3762> Víctor Hugo Sarmiento Casavilca, Docente de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac - PE, vsarmiento@unamba.edu.pe

Impacto del tipo de secado en las propiedades físico-químicas, funcionales y capacidad antioxidante de *Pleurotus djamor*

Impact of drying method on the physico-chemical, functional properties and antioxidant capacity of *Pleurotus djamor*

Yaneth Aguero-Suri¹, Leny Aguero-Suri², Katerin Stefany Medrano-Quispecahuana³ y Víctor Hugo Sarmiento-Casavilca⁴

Resumen. Este estudio comparó el efecto de la liofilización y el secado convencional en el *Pleurotus djamor*, con énfasis en la retención de ácido fólico (vitamina B9), crucial para combatir la anemia y malnutrición. Los resultados demostraron que el método de secado impacta significativamente en el contenido de esta vitamina. La liofilización conservó un nivel notablemente superior de ácido fólico, con 1,84 mg/100g, en comparación con 1,63 mg/100g del secado convencional. Esta diferencia resalta la ventaja de la liofilización para preservar micronutrientes termolábiles. Adicionalmente, este método también mostró una mejor retención de la actividad antioxidante (63,2% de inhibición DPPH) y del color original del hongo. Se concluye que la liofilización es la técnica óptima para procesar *Pleurotus djamor* destinado a la fortificación alimentaria, ya que maximiza la conservación del ácido fólico, un nutriente esencial para la eritropoyesis y el desarrollo neurológico. Su implementación podría ser clave en estrategias contra la deficiencia de micronutrientes.

Palabras Clave: *Pleurotus*, fólico, liofilización, actividad antioxidante, fortificación, conservación del color.

Abstract. This study compared the effect of lyophilization and conventional drying on *Pleurotus djamor*, with an emphasis on the retention of folic acid (vitamin B9), a nutrient crucial for combating anemia and malnutrition. The results demonstrated that the drying method significantly impacts the vitamin content. Lyophilization preserved a notably higher level of folic acid, at 1.84 mg/100g, compared to 1.63 mg/100g in conventional drying. This difference underscores the advantage of lyophilization for preserving thermolabile micronutrients. Additionally, this method also showed better retention of antioxidant activity (63.2% DPPH inhibition) and the mushroom's original color. It is concluded that lyophilization is the optimal technique for processing *Pleurotus djamor*

intended for food fortification, as it maximizes the preservation of folic acid, an essential nutrient for erythropoiesis and neurological development. Its implementation could be key in strategies against micronutrient deficiency.

Keywords: *Pleurotus*, folic acid, freeze-drying, antioxidant activity, fortification, color preservation.

1 Introducción

En Perú según el ENDES 2024, los niveles de desnutrición y anemia se han incrementado de manera muy alarmante, así la anemia infantil se elevó a 45.3% y la desnutrición crónica en niños menores de 5 años llegó al 12.6%, esto configura un retroceso preocupante en los indicadores nutricionales del país tanto de niños como de adultos. Esta característica se relaciona con la existencia de una enorme brecha entre la producción de alimentos seguros y la creciente demanda de la población en diversas partes del mundo, especialmente en los países en desarrollo. Lo que ocasiona que se eleven las probabilidades de malnutrición, consecuentemente se observa una mayor incidencia de enfermedades y



surge la necesidad de disponer de alimentos funcionales para reducir las deficiencias alimenticias. El folato (vitamina B9) es un micronutriente esencial y soluble en agua que participa en la formación de los glóbulos rojos y en el desarrollo neurológico del feto. En los alimentos, el folato se encuentra principalmente en su forma reducida, en cambio el ácido fólico es la forma sintética que se usa en la fortificación industrial de harinas y cereales. (1) Aunque la causa principal de la anemia en el Perú es la deficiencia de hierro, los déficits coexistentes de otras vitaminas del complejo B (incluido el folato) son frecuentes en contextos de baja diversidad dietética y limitan la eritropoyesis. En gestantes, una ingesta adecuada de folato es crítica para así prevenir defectos del tubo neural y apoyar el aumento del volumen de glóbulos rojos. (1,3)

Por otra parte, se sabe que los hongos comestibles son una fuente rica en proteínas digeribles, esenciales para una alimentación nutritiva adecuada. Su contenido proteico es cuatro veces mayor que el de las frutas, alrededor del doble que el de las verduras y superior al del trigo, aun así, su contenido es inferior al de la proteína de la carne y también de la leche. Además de proteínas digestibles, los hongos también son una excelente fuente de carbohidratos, fibra dietética, vitaminas, minerales, ácidos grasos insaturados y compuestos fenólicos, que se ajustan a la definición de complementos o suplementos alimenticios. El *Pleurotus djamor* es un hongo comestible, se le conoce comúnmente como seta roseus o seta ostra rosada debido a su esporóforo rosado, cuerpos fructíferos de gran tamaño y sabor agradable; Es un hongo comestible, económico y rico en nutrientes, con potencial para contribuir a solucionar la crisis alimentaria actual y futura, además de servir como alimento funcional para la prevención y el tratamiento de enfermedades (2). Los micronutrientes minerales esenciales presentes en las especies como *Pleurotus djamor* son esenciales en los procesos catalíticos enzimáticos de diferentes sistemas, como el endocrino, el metabólico y el inmunitario. Si bien los aminoácidos esenciales y no esenciales de los hongos se consideran una fuente alternativa de proteínas, proporcionan estabilidad estructural a las células y los órganos. Los aminoácidos son esenciales para el crecimiento y los mecanismos de reparación celular, como el ácido ascórbico, el ácido nicotínico, el folato y la biotina (3).

Así, en el Perú, los hongos comestibles (setas), pese a promover el acceso a alimentos saludables y asequibles en consonancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible Globales (ODS), no son debidamente apreciados ni aprovechados. A nivel global, sin embargo, su producción y consumo muestran una tendencia sostenidamente creciente, lo que los convierte en una opción prometedora para diversificar y mejorar la calidad nutricional de la dieta. Según FAOSTAT, el consumo mundial de setas aumenta de forma sostenida y se proyecta que alcanzará 20,84 millones de toneladas en 2026. En este contexto, resulta prioritario ofrecer alternativas que faciliten su incorporación en la dieta de la población en Perú y sobre todo en la sierra, más aún cuando los indicadores de desnutrición y anemia siguen siendo elevados. Para ello las técnicas de procesamiento agroindustrial son esenciales para la conservación de alimentos, estas técnicas permiten preservar atributos de valor en especies del género *Pleurotus djamor*; entre los procedimientos más empleados se encuentran el secado, el envasado activo y la formulación de nuevos alimentos con incorporación de setas comestibles.

Es en este marco, que el presente estudio tuvo como objetivos: 1) determinar el contenido de ácido fólico y caracterizar los compuestos funcionales de *Pleurotus djamor* sometido a dos métodos de secado (liofilización y secado convencional), mediante cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC); y 2) evaluar los cambios fisicoquímicos asociados a dichos métodos, a través del análisis de los parámetros cromáticos CIELab (L^* , a^* , b^*), de las características estructurales del hongo y de su capacidad antioxidante mediante el ensayo DPPH. La hipótesis del presente estudio planteó que la liofilización, al minimizar la exposición térmica, conservará significativamente mayores niveles de ácido fólico, actividad antioxidante y las características físico-químicas (color, composición proximal) del *Pleurotus djamor*, en comparación con el secado convencional.

2 Método

- a) **Diseño experimental y muestreo:** Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado. Los cuerpos fructíferos de *Pleurotus djamor* se seleccionaron en forma homogénea por tamaño y estado de madurez, se lavaron con agua destilada estéril, se dividieron y asignaron aleatoriamente a los dos tratamientos de secado (liofilización y secado convencional). Cada tratamiento se realizó por triplicado ($n=3$). Para el análisis del color, cada réplica biológica se evaluó con 8 réplicas técnicas (disparos) por medición, promediándose estos valores.
- b) **Material Biológico:** El presente estudio se llevó a cabo en los laboratorios de Análisis de Instrumentación y laboratorio de Biotecnología Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac entre los meses agosto de octubre del 2025. Los cuerpos fructíferos del hongo *Pleurotus djamor* fueron adquiridos de la empresa Ecoagreen del distrito de Curahuasi, Provincia de Abancay. Estos fueron cultivados en oscuridad a 24°C por un periodo de 20 días. Para sus análisis, los cuerpos fúngicos se lavaron con agua destilada estéril. Posteriormente, se determinó el peso seco después de secarlos a 60°C durante 12 horas y de liofilizarlos por 24 horas en una liofilizadora marca Labconco.

- c) **Reactivos:** El 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), el ácido gálico, metanol, acetonitrilo y estándar de ácido fólico, se adquirieron de Sigma Chemicals
- d) **Análisis Proximal:** Se realizó el análisis proximal siguiendo metodologías oficiales (18). La humedad se determinó por el método gravimétrico de estufa. Las proteínas totales se cuantificaron mediante de Kjeldahl (19), utilizando un factor de conversión de 6.25. Los lípidos totales se extrajeron por el método Soxhlet. El contenido de cenizas se obtuvo por calcinación en mufla y la fibra cruda por digestión ácido-base (18). Los carbohidratos totales se calcularon por diferencia.
- e) **Color:** Para la lectura del color se utilizó un colorímetro Konica Minolta CR 400, apertura 8 mm, promedio de 8 disparos por lectura, leídas a 22 ± 1 °C; en estado fresco se seleccionaron los pileos íntegros del hongo; y fueron limpiados con agua estéril y secado superficial con papel absorbente; se midió la cara superior del sombrero apoyando el puerto y sin comprimir, en 5 posiciones por muestra con 8 disparos por posición, para los polvos secos del liofilizado y secado por estufa, los polvos se nivelan a una superficie del contenedor de polvos e igual se miden 5 posiciones con 8 disparos por posición, girando el contenedor de polvos.
- f) **Polifenoles totales:** El contenido de fenoles totales de cada muestra de hongo se cuantificó mediante el método de Folin-Ciocalteu (2). Para ello se añadió reactivo de Folin-Ciocalteu (0,2 mL) a 0,5 mL del extracto, tras la mezcla, se añadió Na_2CO_3 al 2 % y se enrasó el volumen del matraz a 5 mL con agua destilada, la absorbancia de la mezcla de reacción se midió a 725 nm con un espectrofotómetro UV Vis. El contenido total de fenoles se expresó como ácido gálico (mg EAG/g), para lo que se preparó una curva patrón con ácido gálico.
- g) **Actividad Antioxidante:** La actividad de eliminación de radicales libres se cuantificó por el método del DPPH del extracto de hongo, se determinó utilizando el método de Brand-Williams et al. (1995). Haciendo reaccionar mezclas de reacción de 1,5 mL que contenían 1 mL de solución de DPPH en etanol 0,2 mM y 1 mL de extractos de metanol y agua de primordios. Se determinaron las concentraciones de 1-10 mg/mL de etanol y 0,5 mL de etanol como control. Tras 30 min de incubación a 37 °C en oscuridad, se midió la absorbancia de las mezclas de reacción a 517 nm. El efecto inhibitorio del DPPH se calculó según la siguiente fórmula: $\text{Inhibición (\%)} = [(\text{absorbancia control} - \text{absorbancia muestra}) / \text{absorbancia control}] \times 100$. Se trazó una curva estándar para determinar la concentración inhibitoria (IC_{50}). (4)
- h) **Cromatografía líquida (HPLC):** Para el análisis por cromatografía líquida del contenido de ácido fólico en el hongo, se obtuvo un extracto metanoico (1/10), este extracto se filtró por una membrana de 0,2 μm y se cargaron 10 μl del filtrado en el sistema HPLC (Thermo Scientific), para la separación se trabajó con una columna Thermo C18 (250 mm \times 4,6 mm, 3,5 μm) con un caudal de 0,8 ml/min a 25 °C. La fase móvil consistió en eluyente A (acetonitrilo) y eluyente B (solución acuosa de ácido fosfórico al 0,1 % v/v). Se utilizó un programa de gradiente para la elución: 0-2 min, 5 % A; 2-5 min, 15 % A; 5- 10 min, 40 % A; 10-15 min, 60 % A; 15-18 min, 90 % A. La absorbancia de la solución de muestra se midió a 280 nm (4)
- i) **Análisis estadístico:** Los datos se presentan como media \pm desviación estándar. Las diferencias entre los tratamientos (liofilizados vs. secado convencional) para todas las variables se evaluaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, seguida de una prueba de comparación múltiple de Tukey ($p < 0.05$). El análisis se realizó con el software Stat Graphics Centurion XVI.®

3 Resultados

3.1. Análisis proximal: La composición bromatológica de *Pleurotus djamor* en estado fresco y secados por liofilización y secado convencional en estufa se resume en la Tabla 1 (los datos están expresados en g/100 g de muestra; media \pm desviación estándar). En estado fresco, la humedad fue 62.00 ± 0.08 , con 2.20 ± 0.07 de proteína, 0.80 ± 0.05 de grasas totales, 16.00 ± 0.90 de carbohidratos, 2.20 ± 0.30 de ceniza y 14.00 ± 0.10 de fibra total. En la muestra liofilizada, la humedad fue 7.20 ± 0.10 , proteína 6.90 ± 0.20 , grasas totales 0.85 ± 0.07 , carbohidratos 40.30 ± 1.10 , ceniza 5.95 ± 0.30 y fibra total 37.30 ± 0.89 . Para el caso del *Pleurotus* secado convencional en estufa, la humedad fue 8.63 ± 0.15 , proteína 6.30 ± 0.15 , grasas totales 0.88 ± 0.07 , carbohidratos 40.40 ± 1.23 , ceniza 6.72 ± 0.54 y fibra total 36.80 ± 0.24 .

Tabla 1. Composición bromatológica *Pleurotus djamor* (gramos / 100 gramos)

Nivel de encabezado	<i>Pleurotus fresco</i>	<i>Pleurotus Liofilizado</i>	<i>Pleurotus secado conv.</i>
Humedad	62.00 ± 0.08	7.20 ± 0.10	8.63 ± 0.15
Proteína	2.20 ± 0.07	6.90 ± 0.20	6.30 ± 0.15
Grasas totales	0.80 ± 0.05	0.85 ± 0.07	0.88 ± 0.07
Carbohidratos	16.00 ± 0.90	40.30 ± 1.10	40.40 ± 1.23
Ceniza	2.20 ± 0.30	5.95 ± 0.30	6.72 ± 0.54

Fibra total	14.00 ± 0.10	37.30 ± 0.89	36.80 ± 0.24
-------------	--------------	--------------	--------------

Nota. Valores en g/100 g (media ± DE, n=3). Los carbohidratos se calcularon por diferencia metodológica. Datos presentados para comparación descriptiva.

3.2. Color: Los parámetros de color CIELAB de *P. djamor* en las muestras deshidratadas se presentan en la Tabla 2. Los cambios de color (ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE^*_{ab}) se calcularon respecto a los valores promedio de color del hongo en estado fresco. En el secado convencional se obtuvo $L^* = 58.21$, $a^* = 17.50$ y $b^* = 16.70$; los cambios respecto a la muestra de referencia se cuantificaron como $\Delta L^* = 12.58$, $\Delta a^* = 14.36$, $\Delta b^* = 17.52$ y $\Delta E^*_{ab} = 25.97$. En la muestra liofilizada, $L^* = 58.80$, $a^* = 18.39$ y $b^* = 15.53$, con $\Delta L^* = 13.17$, $\Delta a^* = 15.26$, $\Delta b^* = 16.40$ y $\Delta E^*_{ab} = 26.44$.

Tabla 2. Color del *Pleurotus djamor* secado convencionalmente y liofilizado

Nivel de encabezado	Secado Convencional	Liofilizado
L*	58.21 ± 7.03 ^b	58.80 ± 1.54 ^a
a*	17.50 ± 1.77 ^b	18.39 ± 0.33 ^a
b*	16.70 ± 1.55 ^b	15.53 ± 0.36 ^a
ΔL*	12.58 ± 4.03 ^a	13.17 ± 1.54 ^a
Δa*	14.36 ± 1.77 ^a	15.26 ± 0.33 ^a
Δb*	17.52 ± 1.55 ^b	16.40 ± 0.38 ^a
ΔE* _{ab}	25.97 ± 5.09 ^b	26.44 ± 1.16 ^a

Nota. Valores expresados como media ± desviación estándar (n=8). Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas (p < 0.05).



Figura 1. *Pleurotus djamor* secos. (A) Muestra liofilizada. (B) Muestra secado en estufa (convencional).

3.3. Actividad antioxidante, polifenoles totales y contenido de ácido fólico

Con respecto al contenido de ácido fólico, polifenoles totales y actividad antioxidante según método de secado en la tabla 3 se pueden observar los valores expresados como media ± desviación estándar (n = 3).

Tabla 3. Contenido de ácido fólico, polifenoles totales y actividad antioxidante

Nivel de encabezado	Secado Convencional	Liofilizado
Ácido Fólico (B9) mg/100 gr muestra	1.63 ± 0.4 ^b	1.84 ± 0.01 ^a
Actividad antioxidante DPPH (% de inhibición a 5 mg/ml)	57 % ± 1.12 ^c	63.20 % ± 1.42 ^d
Polifenoles totales (mg ácido gálico/ L muestra)	1.13 ± 0.07 ^f	1.45 ± 0.09 ^e

Nota. Valores expresados como media ± desviación estándar (n=3). Letras diferentes en la misma fila indican estadísticamente significativas (p < 0.05). Ácido fólico cuantificado por HPLC.

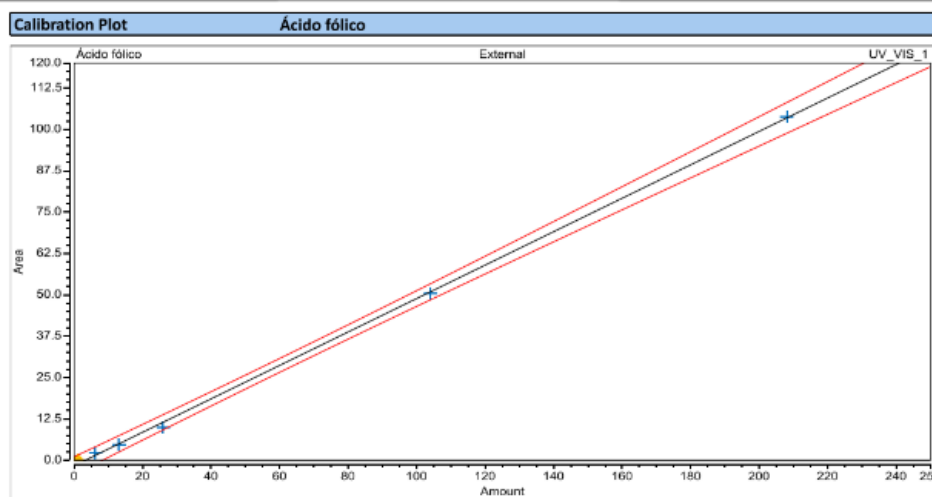


Figura 2: Curva patrón de ácido fólico en cromatografía líquida HPLC con una correlación $r = 0.992$. y presenta una ecuación de la recta como sigue: $Y = 1.2278X + 0.5235$

4 Discusiones

Respecto al análisis proximal, los resultados muestran que las muestras que fueron secadas son similares, resaltando que la técnica de liofilización alcanza menor humedad residual ($7,2\% \pm 0,1$) que el secado convencional ($8,63\% \pm 0,15$). Esta disminución de aproximadamente 1.4 puntos porcentuales sugiere menor actividad de agua y, por tanto, mejor estabilidad microbiológica y oxidativa, con potencial mayor vida útil. Respecto a la proteína, esta es mayor en liofilizado ($6,9\% \pm 0,2$) que en secado convencional ($6,3\% \pm 0,15$), mientras que grasas, carbohidratos y fibra son muy similares entre métodos. En base seca, las diferencias siguen siendo pequeñas. Esto es consistente con una menor exposición térmica y menor riesgo de reacciones de Maillard que podrían afectar la calidad proteica. En cuanto al valor de las cenizas son algo menores en liofilizado: el liofilizado presenta cenizas $5,95\% \pm 0,3$ vs $6,72\% \pm 0,54$ en secado convencional. La diferencia podría deberse a pérdidas térmicas de materia orgánica durante el secado convencional.

En cuanto al color, los resultados de color en el espacio CIE L a b* indican que la técnica de secado por liofilización preserva de manera más eficaz el color nativo del *Pleurotus djamor* frente al secado convencional por aire/calor. En términos comparativos, las muestras liofilizadas presentaron un ΔE ab respecto al secado convencional consistentemente menor, con valores de L más próximos al fresco y variaciones reducidas en a* y b*, lo que se traduce en un tono y croma más estables. En cambio, el secado por calor mostró oscurecimiento (disminución de L*) y un corrimiento hacia tonalidades pardo amarillas (incrementos de b* y/o reducción del componente rosado a*), evidenciando mayor deterioro cromático, como se puede ver en la figura 1.

Estas diferencias son coherentes con los mecanismos fisicoquímicos esperados. La liofilización elimina agua a baja temperatura y bajo vacío, minimizando la actividad de polifenoloxidasas y otras enzimas de pardeamiento. Como consecuencia, se reduce la formación de cromóforos pardos y se conservan mejor los pigmentos intrínsecos responsables del matiz rosado de *P. djamor*. El mejor mantenimiento del color no es únicamente una ventaja estética, funciona como indicador indirecto de menor daño oxidativo y térmico, relevante para preservar micronutrientes termolábiles como los folatos naturales. En el contexto de su uso como ingrediente para fortificación de alimentos dirigidos a gestantes, una matriz liofilizada con menor pardeamiento sugiere mayor retención de folatos y mejor aceptabilidad sensorial, ambos críticos para el impacto nutricional. Desde el punto de vista de la estructura, la liofilización conserva la microarquitectura porosa del tejido fúngico, lo que favorece una mayor L* (menor densidad óptica por colapso) y una rehidratación rápida en aplicaciones culinarias. El secado por aire, en cambio, tiende a colapsar celdas, intensificar la densificación superficial y aumentar la dispersión selectiva de la luz hacia amarillos/marrones, agravando el desplazamiento en b*.

En cuanto al contenido de ácido fólico (Tabla 3), se observó que la liofilización conservó significativamente mayor cantidad de este compuesto ($1,84$ mg/100 g) en comparación con el secado convencional ($1,63$ mg/100 g). El valor obtenido por liofilización se encuentra en el extremo superior del amplio rango ($0,05 - 1,41$ mg/100 g) documentando para el género *Pleurotus* en una revisión exhaustiva (2). Este resultado es consistentemente superior a la variabilidad reportada para el género, donde un estudio que analizó múltiples cepas de *Pleurotus* spp. (incluyendo *P. ostreatus* y *P. djamor*) documentó un rango de $0,03$ a $1,41$ mg/100 g (16). La marcada diferencia puede atribuirse a la interacción de factores como la cepa específica, la composición del sustrato y, de manera crítica, la superioridad del método de secado por liofilización para preservar vitaminas termosensibles (17). Lo cual consolida *Pleurotus djamor* como una fuente rica en

vitamina B9 (ácido fólico). Este nutriente esencial, que el cuerpo no puede sintetizar, debe obtenerse mediante la dieta (7). Los valores encontrados en este estudio demuestran que su consumo puede contribuir a satisfacer el requerimiento diario del complejo vitamínico B, apoyando así la función del sistema inmunitario de los consumidores (8, 11).

Finalmente el cuanto a la actividad antioxidante por el método de DPPH se tiene que (9, 10) reporta valores cercanos al 60% d inhibición del radical DPPH para una concentración usada de DPPH de 5 mg /ml muestra, valores similares se encontraron en las muestras de *Pleurotus djamor* con un valor de 63 % de inhibición para el caso del secado por liofilización, por otro lado lo de los polifenoles totales expresado como mg de ácido gálico / 100 g muestra (13 y 14) mencionan valores cercanos a 1.45 que es el valor encontrado en este trabajo.

Una limitación de este estudio fue el tamaño muestral (n=3 para análisis químicos), determinado por la disponibilidad del material biológico. Futuras investigaciones deberían evaluar la reproducibilidad de estos resultados a mayor escala (piloto), así como realizar un análisis económico formal (costo-beneficio) para determinar la viabilidad de implementar la liofilización en cadenas de valor dirigidas a la fortificación alimentaria.

5 Conclusiones

Este estudio demuestra que el método de secado impacta significativamente en la calidad de *Pleurotus djamor*. En conclusión, la liofilización se establece como la técnica óptima para la conservación de ácido fólico (1.84 mg/100 g), superando significativamente al secado convencional (1.63 mg/100 g). Asimismo, este método preserva en mayor medida la actividad antioxidante (63.2% de inhibición DPPH) y el color original del hongo, minimizando el pardeamiento enzimático y el daño oxidativo. Si bien la liofilización implica mayores costos operativos, sus ventajas en la retención de micronutrientes termolábiles y compuestos bioactivos la posicionan como una alternativa tecnológica viable para la producción de ingredientes funcionales de alto valor, dirigidos a estrategias de fortificación alimentaria contra la anemia y la desnutrición.

6 Agradecimiento

A la Dirección de Institutos de Investigación y al Vice Rectorado de Investigación de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac- Perú por haberme seleccionado como ganador del Concurso de FERCYT Feria de Ciencia y Tecnología 2025, y por el reconocimiento económico, que constituye un estímulo importante para seguir trabajando en beneficio de la comunidad y contribuir al avance científico y tecnológico de nuestro país; este logro es un motivador para seguir adelante.

7 Biografías

- Yaneth Aguero Suri, estudiante de la carrera profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.
- Leny Aguero Suri, estudiante de la carrera profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.
- Katerin Stefany Medrano Quispecahuana, Laboratorista de la carrera profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.
- Victor Hugo Sarmiento Casavilca, Docente en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac Perú, M.Sc. en Tecnología de Alimentos.

8 Referencias

- [1] Intended and Unintended Benefits of Folic Acid Fortification. hrooq Ismail, Sreen Eljazzar and Vijay Ganji. 1612, Basilea : MDPI FOODS, 2023, Vol. 12. 1 - 15.
- [2]. Cultivation and Nutritional Value of Prominent *Pleurotus* spp.: An Overview. Jegadeesh, Raman, y otros. 49, India: Mycobiology, 2020, Vol. 1. 1-14.
- [3]. Oyster Mushroom (*Pleurotus* species); a natural functional food. Adebayo, E, and Oloke J. 3, Nigeria: Journal Microbiology, Biotechnology and food sciences, 2018, Vol. 7. 254 -264.
- [4]. Efecto de la harina de hongo (*Pleurotus djamor* var. *roseus*) como suplemento alimenticio sobre las respuestas hematológicas y el rendimiento del crecimiento de alevines de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Cruz-García L, Ponce-Palafox J, Hernández-Hernández L, Tello-Salgado I. Hernández-Ocampo, D. 1, Guadalajara - México: Lat. J Aquat Res., 2022, Vol. 50. 2700.
- [5]. Effect of substrate variation on the productivity of two strains of *Pleurotus* spp. Roblero-Mejía D, Aguilar Macerlino L. 1, Chiapas - México: Scientia fungorum, 2022, Vol. 52. 1321.
- [6]. Effect of *pleurotus djamor* mushroom on mycelial growth across different agar media. D., Akshay B and Charusheela. 1, India: Ecology. Environment and conservation paper, 2025, Vol. 31. 344 - 348.
- [7]. Quality assessment and antioxidant study of *Pleurotus djamor* Boeding. Acharya Krishnendu, Khatua Somanjana, Ray Saswata. 6, Calcuta - India: Journal Applied pharmaceutical Science, 2017, Vol. 7. 105 - 110.
- [8]. Valorization of Local Agro-Residues for the Cultivation of *pleurotus djamor* and their effects on nutritional. Yncy, Pule, Kirbag Sevda and Akuz Mhemet. 3, India: Biomass Conversion and biorefinery, 2024, Vol. 13. 5515.
- [9]. Cultivation Potential of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreus*) using Agricultural wastes as substrates. M., Sathiyaseelan. 2, India: Journal iaahs.org.in, 2024, Vol. 81. 196 - 199.
- [10]. Unveiling the Potential Prebiotic Effects of Edible Mushroom *Pleurotus djamor* During In Vitro Colonic Fermentation. Moura-Andrade G, Leite_Souza E, Zarate-Salazar J, Nuñez de Olivera J, Dos Santos M and Oliveira-Pereira F. 1, EEUU: J. Agricultural and food chemistry, 2024, Vol. 72. 26722 - 26732.
- [11]. Oyster Mushroom (*Pleurotus* species) a natural functional food. k., Adebayo E and Oloke J. 3, Nigeria: Journal of Microbiology, Biotechnology and food sciences, 2017, Vol. 7. 254 - 263.
- [12]. Assessing the nutritional quality of *pleurotus ostreus*. Eno-Effiong M, Precious Umeokwochi C, Sunmola-Afolabi I and Nwodo Chinedu S. 1, Nigeria: frontiers in Nutrition, 2024, Vol. 10. 127920.
- [13]. Agro-industrial waste improves the nutritional and antioxidant profile of *Pleurotus djamor*. Vega A, De Leon J, Miranda S, Reyes S. 11, Panama: Cleaner Waste Systems, 2022, Vol. 2. 10018.
- [14]. Structural features and antioxidant activity of a new galactoglucan from edible mushroom *Pleurotus djamor*. Gajendra N., Prasenjit M., Somanjana K, Krishnendu A, Studipta D. 1, Bengal - India: Journal of Biological Macromolecules, 2020, Vol. 14. 8130.
- [15]. Quality assessment and antioxidant study of *pleurotus djamor*. Acharya K, Khatua S, Ray S. 6, India: Journal Applied pharmaceutical Science, 2017, Vol. 7. 105 - 110.
- [16]. Nutritional and medicinal benefits of Oyster (*Pleurotus*) mushrooms: a review. Galappaththi, MCA y otros. 1, China: International Journal of Microbiology, 2021, Vol. 2. 65-87.
- [17]. Effects of drying methods on the characteristics of *Pleurotus sajor-caju* Mushroom. Nguyen, N and Thuy, M. 49, Vietnam: Malaysian Applied Biology, 2020, Vol. 3. 31-36.
- [18]. AOAC International. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. Gaithersburg, MD, USA: AOAC International, 2005. Métodos 934.01, 920.39, 942.05, 962.09.
- [19]. AOAC International. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. Gaithersburg, MD, USA: AOAC International, 2006. Método 984.13.



Revista Micaela

ISSN: 2955-8646 (en línea) / 2709-8990 (Impresa)
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
Vice Rectorado de Investigación – Perú

Vol. 6 Num. 1 (2025) - Publicado: 16/12/25
<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025>
Páginas: 16 - 23
Recibido 13/10/2025 ; Aceptado 14/12/2025

<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025.183>

Edición Especial: Cosmovisión Andina – 2025

Autores:

1. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0006-7592-6299> Ximena Peralta Peña, estudiante de pregrado de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 221084 unamba.edu.pe.
2. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-00002-3511-7500> Angel Antonio Malaga Huarcaya, estudiante de pregrado de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 212082@unamba.edu.pe
3. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0008-2243-0374> Margot Ccorahua Melgarejo, estudiante de pregrado de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 221062@unamba.edu.pe
4. **ORCID iD** <https://orcid.org/0000-0002-5571-847X> Luis Antonio Pillaca Vilca, docente de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. Ipi-llaca@unamba.edu.pe

Desarrollo y Evaluación De Un Mix Nutricional Alto En Proteínas Para Deportistas Usando Pleurotus Spp. Como Complemento Proteico.

Development And Evaluation Of A High-Protein Nutritional Mix For Athletes Using Pleurotus Spp. As a Protein Supplement

Ximena Peralta-Peña¹, Ángel Antonio Malaga-Huarcaya², Margot Ccorahua-Melgarejo³ y Luis Antonio Pillaca-Vilca⁴

Resumen. Este estudio, desarrollado en el marco del FERCYT 2025 de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, elaboró y evaluó un mix proteico utilizando el hongo comestible *Pleurotus spp.* como un ingrediente funcional. Para ello se formularon en forma in silico tres tratamientos que resultan con 50%, 35% y 25% de proteína total. La formulación obtenida con 50% de proteína (T1) mostró la mayor aceptabilidad sensorial, atribuida a su alto contenido de concentrado proteico de soya (65%), que mejoró la textura y retención de agua del producto. Luego el análisis sensorial efectuado (n=30) confirmó diferencias significativas entre los tratamientos, aunque la homogeneidad de la muestra limita la generalización de los resultados. El T1 presentó la mayor capacidad de retención de agua (CRA). Así con los datos encontrados se concluye que la formulación que contiene 50% de proteína es viable para el desarrollo de un producto alto en proteína con buena aceptación sensorial.

Palabras clave: mix proteico; setas comestibles; *Pleurotus spp.*

Abstract. This study, conducted within the FERCYT 2025 framework at the Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, developed and evaluated a protein mix using the edible mushroom *Pleurotus spp.* as a functional ingredient. Three in silico formulations were designed to yield 50%, 35%, and 25% total protein. The 50% protein formulation (T1) showed the highest sensory acceptability, attributed to its high soy protein concentrate content (65%), which improved product texture and water-holding capacity. A sensory evaluation (n=30) confirmed significant differences among formulations, although the panel's homogeneity limits the generalizability of the results. T1 exhibited the highest water-holding capacity (WHC). Overall, these findings indicate that the 50% protein formulation is a viable option for developing a high-protein product with good sensory acceptability.

Keywords: protein blend; edible mushrooms; *Pleurotus spp.*

1. Introducción

Los hongos *Pleurotus* sp son basidiomicetos que son comestibles y su consumo se documenta desde la antigüedad. Estas especies revisten importancia en la alimentación humana como fuente proteica alternativa a las fuentes proteicas convencionales, gracias a su destacado sabor y a su perfil nutricional, caracterizado por la presencia de carbohidratos no amiláceos, fibra dietética, minerales, bajo contenido de grasa y compuestos fenólicos [1].

El género *Pleurotus* spp, además, constituye una fuente relevante de compuestos bioactivos, entre ellos aminoácidos [2], polisacáridos, proteínas, ácidos fenólicos, flavonoides, vitaminas, pigmentos naturales, esteroides, ácidos grasos, triterpenoides y otros derivados polifenólicos [3]. Además, diversos estudios han mostrado que los extractos de las especies de *Pleurotus* presentan una actividad antioxidante importante [1,2], actividad antimicrobiana e inhibidora de la tirosinasa [2,4], así como efectos hipo colesterolemiantes, lo que respalda su valor alimentario y su potencial aplicación como suplemento dietético natural. Sus cuerpos fructíferos se distinguen por su alto contenido de fibra y su bajo aporte calórico y lipídico, motivo por el cual se consideran un valioso componente dietético y como un buen insumo para realizar preparados nutricionales [4].

Por otro lado, en el país y particularmente en la región Apurímac según la Encuesta Nacional de Hogares (ENAHO 2024) como se muestra en la Figura 1, existe la prevalencia de una población joven, que se encuentra concentrada en el área urbana, este segmento de la población se caracteriza por que desarrollan actividades físicas tanto a nivel recreativo como también competitivo, y buscan productos alimentarios que faciliten la recuperación muscular post entreno y hasta incluso la hipertrofia muscular. Para este segmento existe en el mercado los suplementos proteicos comerciales que se caracterizan por tener un alto índice de proteína de origen animal, pero suelen ser costosos y en muchos casos con fuentes de proteína de origen animal, lo que limita su accesibilidad y aceptación en ciertos grupos de deportistas.

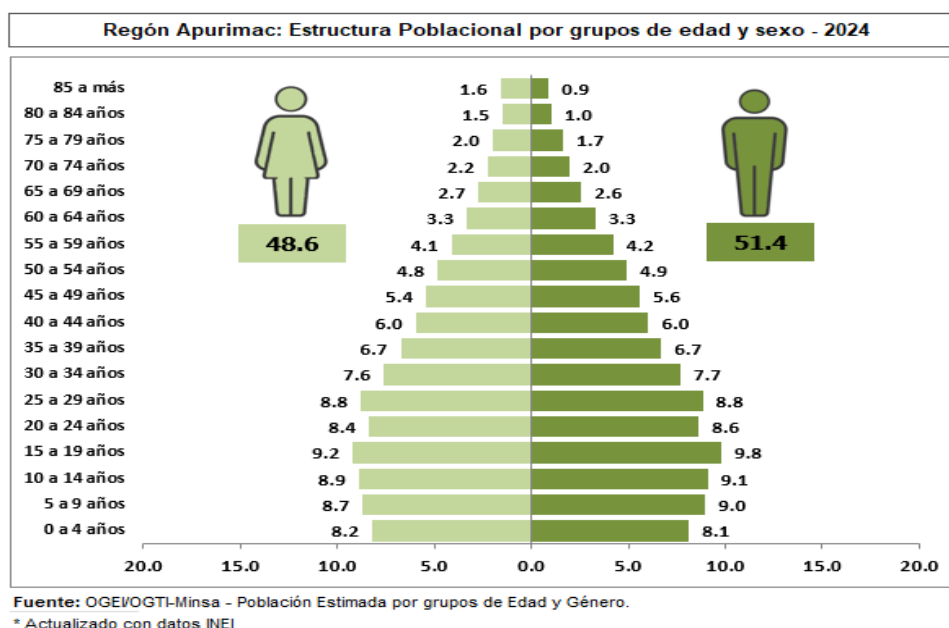


Figura 1. Distribución Poblacional por grupos etarios para Apurímac 2024.

También se debe mencionar que los alimentos con elevado contenido proteico en su composición proximal, se definen como matrices que, además de su aporte nutricional básico, generan efectos fisiológicos benéficos respaldados por evidencia científica. Dichos efectos contribuyen al mantenimiento de la homeostasis y se asocian con la reducción del riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles, incluidas las cardiovasculares, las dislipidemias, la osteoporosis, la diabetes y la hipertensión entre otros [5]. En este marco, los hongos comestibles en especial los *Pleurotus* spp, se perfilan como fuentes naturales promisorias para el desarrollo de productos innovadores, tales como alimentos funcionales, suplementos dietéticos, así como nutracéuticos, cosmeceúticos y fármacos de origen micológico, dada su elevada diversidad de compuestos bioactivos y su versatilidad tecnológica que poseen [6].

Existen evidencias de la incorporación de harinas o polvos de hongos comestibles en productos o matrices procesadas donde se incluyen productos de pastas y panificación, productos lácteos y mezclas proteicas, estos mejoran los atributos sensoriales, el perfil nutricional y las propiedades funcionales y nutraceuticas de dichos alimentos [4]. Así el empleo de harinas y polvos de especies comestibles como *Pleurotus spp.*, como ingredientes en formulaciones proteicas y en productos a base de cereales (panes, galletas, muffins, bizcochos, tortillas, pastas y papillas), incrementa el contenido de proteína y fibra dietética. A niveles de inclusión de hasta aproximadamente el 10% (p/p), y destaca que no se observan efectos adversos significativos sobre las propiedades sensoriales ni sobre las propiedades tecno funcionales de la matriz procesada. Asimismo, el contenido proteico y los β -glucanos de estos hongos muestran una elevada estabilidad térmica, conservando en buena medida su valor nutricional y funcional tras procesos de horneado y otros tratamientos térmicos severos. [7, 4, 8.]

Pese a las reconocidas cualidades nutricionales y funcionales de los hongos comestibles, su consumo no está ampliamente arraigado ni difundido en la dieta de la población del Perú. En este contexto, se plantea evaluar la incorporación de *Pleurotus spp.* como ingrediente proteico en mezclas nutricionales de alto contenido proteico, dirigidas a población joven, ante la escasez de estudios que analicen su impacto sobre el perfil nutricional, la funcionalidad reológica, la aceptación sensorial y la estabilidad de productos formulados. En consecuencia, el objetivo de este trabajo es desarrollar y evaluar un mix nutricional alto en proteínas que incorpore *Pleurotus spp.*, y se tuvo como objetivos específicos 1) Evaluar el perfil de análisis proximal de las formulaciones del mix proteico, 2) Evaluar la aceptabilidad sensorial del mix proteico y 3) Caracterizar el CRA y el contenido de polifenoles totales del mix proteico, y así de determinar su viabilidad tecnológica.

2. Método

2.1. Material Biológico Material biológico e insumos.

Pleurotus spp.: Se usaron cuerpos fructíferos del *Pleurotus ostreatus* que fueron adquiridos en el Mercado Central de Abancay. Los cuerpos fructíferos se deshidrataron en una estufa a 60 °C por 24 horas hasta alcanzar humedad constante ($\leq 8\%$). Posteriormente, por medio de un molino analítico de acero inoxidable se redujo su tamaño de partícula del hongo seco y se tamizó con malla de 0,5 mm para tener un polvo de tamaño uniforme.

Plátano liofilizado: Este insumo fue procesado en el Laboratorio de Análisis Instrumental de la UNAMBA en un liofilizador Labconco; para ello se pre congeló la muestra a -40°C y en el liofilizador se trabajó a 30 Pa., en un tiempo de 24 horas, tras el secado, se molió y tamizó como se describió en el caso del hongo.

Otros ingredientes: La proteína aislada de soya, quinua en polvo y aguaymanto deshidratado se adquirieron de la empresa Nutri Mix. Mientras que el premix multivitamínico-mineral fue suministrado por la empresa Montana S.A.

2.3 Análisis Proximal: (in silico):

El análisis proximal in silico aplicado en este trabajo se realizó utilizando la Tabla de Composición de Alimentos del Ministerio de Salud (MINSA). Se determinaron las fracciones de: humedad, cenizas totales, lípidos totales, fibra cruda, proteínas totales y carbohidratos, para este propósito se siguió el siguiente procedimiento: (a) para cada muestra o formulación se identificó la entrada de alimento más representativa en la tabla del MINSA; (b) los valores de cada fracción se obtuvieron directamente de la tabla y se expresaron en g/100 g de porción comestible; (c) como la muestra era una mezcla de ingredientes, los valores próximos se calcularon por promedio ponderado según la fracción en masa de cada componente: $X_{total} = \sum(w_i \times X_i)$, donde w_i es la fracción en masa (suma = 1) e X_i el valor proximal del componente i en la misma base seca; (d) se unificó la base de expresión: todos los resultados se reportaron en base a 100 g de porción comestible (base húmeda), convirtiendo valores de base seca a húmeda cuando fue necesario mediante la humedad reportada; (e) la proteína total se estimó a partir del nitrógeno usando el factor de conversión general 6; (f) los carbohidratos se calcularon por diferencia: $CHO (\%) = 100 - (\text{Humedad} + \text{Proteínas} + \text{Lípidos} + \text{Cenizas} + \text{Fibra})$.

2.2. Color:

Se midieron las coordenadas por el método CIE Lab* con un colorímetro Konica Minolta CR-400, empleando el accesorio del equipo para polvos de hongos secados en estufa y liofilizado. En el procedimiento se realizaron cinco lecturas por muestra a 20 ± 2 °C, compactando 10 g del polvo de hongo seco, en la cubeta de lectura de polvos del equipo. [7]

2.3. Polifenoles Totales: Se cuantificaron por el método de Folin-Ciocalteu, expresando los resultados como mg de equivalentes de ácido gálico por g de muestra (mg EAG/g). Se construyó una curva de calibración con ácido gálico entre 5 y 50 mg para tal efecto. [4]

2.4. Capacidad de retención de agua (CRA)

Se evaluó la CRA del mix proteico. La humedad se determinó por el método de la AOAC 925.10 para expresar resultados en base seca (bs). Para cada condición, 0,50 g bs se colocaron en tubos cónicos pre pesados y se mezclaron con 10,0 mL de agua destilada a un pH de 6.9 (relación sólido : líquido 1:20, p/v). Las dispersiones se agitaron en vórtex 60 s, se hidrataron 30 min a 25 °C (con agitación breve cada 10 min) y se centrifugaron a 3000 g durante 20 min (25 °C). Se decantó el sobrenadante y se dejó escurrir el pellet 2 min; luego se registró la masa. La CRA (g agua/g bs) se calculó como:

$$CRA = (m_h - m_0) / (m_0 - m_t)$$

Donde m_t es la masa del tubo vacío, m_0 la masa del tubo + muestra seca y m_h la masa del tubo + pellet hidratado.

La medición se efectuó por triplicado ($n = 3$). [9]

2.5. Formulación: Para obtener los mix proteicos se han probado tres formulaciones que se detallan a continuación

En base al análisis in silico, se efectuaron tres formulaciones de mix proteico con *Pleurotus ostreatus*. Para ello se tomaron las proporciones como indica la tabla 1 y se mezclaron mecánicamente por 5 minutos para homogenizarlas bien, las muestras de cada tratamiento se envasaron en envases de vidrio y almacenadas a 20°C y protegido de la luz para poder hacer los análisis correspondientes de aceptabilidad y caracterización. Los cálculos están en (g/100 g):

Tabla 1. Formulación de mix proteico con *Pleurotus ssp*

Ingrediente	Fórmula 1 (g)	Fórmula 2 (g)	Fórmula 3 (g)
Concentrado de Proteína de Soya (CPS)	65.0	38.0	22.0
Polvo de Quinoa	16.0	32.0	38.0
Polvo de <i>Pleurotus Seco</i>	10.0	10.0	10.0
Harina de Plátano	5.0	12.0	22.0
Polvo de Aguaymanto	2.0	6.0	6.0
Premix Vitamínico-Mineral	2.0	2.0	2.0
Total	100.0	100.0	100.0

2.6. Prueba de aceptabilidad: Esta prueba se realizó con una prueba hedónica monádica secuencial de 5 puntos, donde 1=no me gusta nada, 5=me gusta mucho, (se usaron códigos de 3 dígitos para identificar las muestras) y con orden aleatorizado/balanceado. Para esta prueba participaron 30 consumidores habituales (18–25 años), que declararon no tener alergias a soya, quinoa y hongos, proporcionaron inicialmente su consentimiento informado. Se sirvieron 15 g de muestra en vasos blancos; agua como neutralizante; intervalos de 1 a 2 minutos entre muestras. El análisis estadístico incluyó prueba de Kruskal Wallis para medidas repetidas (datos no paramétricos) con comparaciones múltiples ajustadas (Tukey HSD). Aceptación (%) = proporción de puntajes ≥ 6 ; a un nivel de significancia $p < 0,05$.

3. Resultados

3.1. Análisis proximal:

La Tabla 2 muestra el análisis proximal in silico de las formulaciones del mix proteico que se efectuaron. La Fórmula 1 (T1) presenta el mayor aporte, con 50 g de proteína por cada 100 g de muestra (50% p/p); la Fórmula 2 (T2) contiene 35 g/100 g (35% p/p) y la Fórmula 3 (T3), posee 25 g/100 g (25% p/p). En términos comparativos, T1 supera en 15 g y 25 g a las Fórmulas T2 y T3, respectivamente, estableciendo un gradiente claro de densidad proteica alta, media y baja. A nivel de grasas se muestra 1,6 y 1,4 g/ración como valores del T1 y T3, mientras que a nivel de carbohidratos el T3 presenta mayor contenido de carbohidratos con un valor de 17.4. Esta información obtenida en forma in silico permite seleccionar la formulación según el objetivo nutricional y el perfil de producto deseado, para luego efectuar sus respectivos análisis.

Tabla 2. Composición química de las formulaciones T1, T2 y T3 en base a 30 gramos. (ración sugerida)

Ingrediente	Fórmula 1 (g)	Fórmula 2 (g)	Fórmula 3 (g)
Energia Kcal	116	114	112
Proteína	15.3 ± 1.1	10.5 ± 0.4	7.5 ± 0.06
Grasas	1.6 ± 0.04	1.5 ± 0.02	1.4 ± 0.04
Carbohidratos	10.1 ± 0.4	14.6 ± 0.8	17.4 ± 0.14
Cenizas	1.7 ± 0.05	1.6 ± 0.3	1.5 ± 0.1
Humedad	1.3 ± 0.4	1.8 ± 0.05	2.1 ± 0.06

T1: Contenido 50 gramos de proteína total por cada 100 Gramos de muestra

T2: Contenido 35 gramos de proteína total por cada 100 Gramos de muestra

T3: Contenido 25 gramos de proteína total por cada 100 Gramos de muestra

3.2. Aceptabilidad:

A continuación se presentan los resultados de la prueba de aceptabilidad donde se trabajó con 30 panelistas, usando una escala hedónica de 5 puntos, en este grafico se observa que la formulación T1 que es la que contiene 50% proteína obtiene la mayor aceptabilidad frente a las formulaciones de 35% y 25%, y se obtuvo mediante una prueba de *Kruskal-Wallis* un valor de $p = 0.0021$, lo que indica que los tres tratamientos (formulaciones) son diferentes estadísticamente, al realizarle la prueba de Rankin Tukey HSD por existir diferencias significativas se observa que claramente la formulación 1 posee mejor respuesta en cuanto a la aceptabilidad como se observa en los grafico 3 y 4.

50%: 4.20 (IC95%: 3.97–4.43)

35%: 3.60 (IC95%: 3.34–3.86)

25%: 3.20 (IC95%: 2.90–3.50)



Figura 2. Prueba de media de aceptabilidad ± IC95%

Interpretación: las bandas (IC95%) no se superponen sustancialmente con 50%, sugiriendo diferencia significativa.

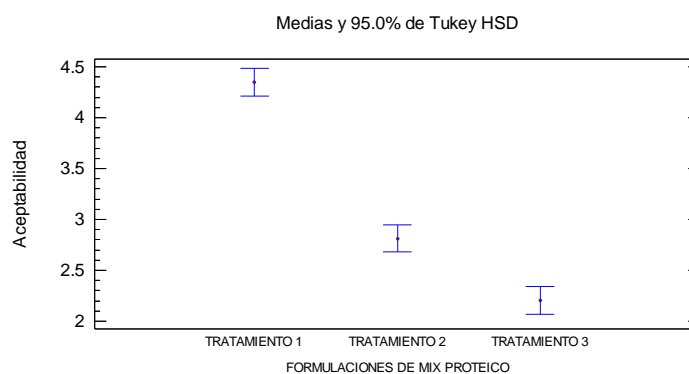


Figura 3. Distribución de respuestas (barras apiladas por categoría 1–5)

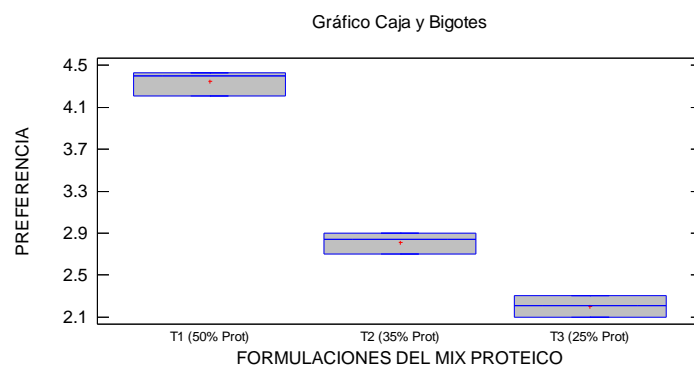


Figura 4. Prueba de preferencia “mejor de las tres” (conteo de favoritos)

3.3 Color: Los parámetros de color del *Pleurotus ostreatus* varían en la escala CIE-lab., de acuerdo al tipo de secado que se le ha efectuado

Tabla 3. Color del *Pleurotus sp* secado convencionalmente y liofilizado

Nivel de encabezado	<i>Pleurotus o.</i> secada en estufa	<i>Pleurotus o.</i> secada en liofilizado
L*	47.2 ± 3.4	47.0 ± 0.45
a*	13.4 ± 0.46	15.39 ± 0.98
b*	15.70 ± 1.55	16.53 ± 1.25
AE*	22.1 ± 1.6	22.4 ± 0.16

3.4. Capacidad de Retención de agua CRA y Polifenoles totales del mix proteico.

Se observa en la tabla 4 que la CRA medida a pH 7 y expresada en gramos de agua retenida por gramo de muestra que T1 presenta un CRA mayor y es estadísticamente diferente valor de p 0.0001 a los otros dos tratamientos, en el caso de los polifenoles expresado como miliequivalente de ácido gálico por gramo de muestra el comportamiento es inversamente proporcional al CRA, presentándose valores mas altos en T2 y T3.

Tabla 4. CRA y Polifenoles totales del Mix Proteico en los tratamientos

Tratamiento	CRA (g de agua retenida/ g de muestra)	Polifenoles totales mg EAG /g muestra
T1 (50% Prot)	3.59 ± 0.41 ^a	1.91 ± 0.04 ^b
T2 /35% Prot)	3.27 ± 0.05 ^b	2.78 ± 0.34 ^a
T3 (25% Prot)	3.05 ± 0.03 ^b	2.86 ± 0.16 ^a

4. Discusiones Conclusiones

- **Análisis Proximal in silico:** Los resultados muestran que T1 que contiene 50 g de proteína por cada 100 g de muestra (Fórmula 1) exhibe el mejor desempeño integral frente a las formulaciones que poseen 35 g/100 g y 25 g/100 g de proteína respectivamente. En cuanto a la cantidad de Carbohidratos el T1 presenta 30% en la formulación siendo menor que los otros dos tratamientos como se observa en la tabla 2, mientras que a nivel de grasas existe el 5,3% de grasa en la formulación de la mezcla proteica, Estos resultados son coherentes con la mayor densidad proteica del T1, lo que sugiere que la proporción de concentrado de proteína de soja (CPS) va ser un determinante crítico de la

calidad sensorial y tecnológica de la mezcla proteica. Es posible que la mayor fracción proteica favorezca la retención de agua como una cualidad funcional del producto [10], además se debe tener en cuenta que el desarrollo de cuerpo y cremosidad del polvo al momento de reconstituirlo son atributos que suelen correlacionar positivamente con la aceptación en matrices ricas en proteína vegetal por parte de los consumidores. [11]

- **Aceptabilidad sensorial:** La distribución de las puntuaciones de los panelistas en la escala hedónica de 5 puntos, evidenció una preferencia significativa por el T1 (como se puede apreciar en el gráfico 3), ya que esta muestra presentó una mayor concentración de respuestas en los niveles superiores de la escala e índice de “me gusta mucho” con una media aproximada del 60% de los datos obtenidos. Dado que el ensayo se realizó con diseño monádico, a ciegas y con aleatorización del orden de presentación, la diferencia observada puede atribuirse razonablemente a la formulación. No obstante, es necesario precisar que la muestra compuesta por consumidores jóvenes en su totalidad y el tamaño muestral moderado (30 panelistas o consumidores) limitan la extrapolación de los hallazgos; por lo que se recomienda confirmar estos resultados en un panel más amplio y diverso en grupos etarios, acorde con el público objetivo del producto.
- **Rol de los ingredientes:** En el tratamiento T1, el concentrado proteico de soya (CPS 65 g/100 g de formulación) aporta la mayor parte de la fracción proteica y contribuye a la estructura del *mix* proteico, mejora las condiciones de la ligazón agua-proteína y a la viscosidad aparente, aspectos que mejoran la sensación en boca del producto. El *Pleurotus spp* (10 g/100 g, constante en todas las formulaciones) incorpora notas umami y compuestos potencialmente bioactivos, además de contribuir a mitigar notas “beany” asociadas a la soya que suele ser para la mayoría de panelistas un tono desagradable [4]. Mientras que la harina de plátano y el aguaymanto, en proporciones estratégicas, añaden dulzor, acidez y aromas frutales que favorecen el enmascaramiento sensorial sin comprometer el objetivo de alto contenido proteico. En conjunto, esta combinación de ingredientes se alinea con lo reportado para matrices proteicas vegetales enriquecidas con hongos comestibles. [13, 14]
- **Color Instrumental:** Los parámetros medidos en la escala CIE Lab* mostraron luminosidades comparables entre los hongos secados por diferentes técnicas, con incrementos leves en los valores de a^* y b^* en esta última. Que se evidencia con un mayor oscurecimiento de la muestra secada por estufa, sin embargo, la comparación y potencialmente no afecta a el color de las mezclas proteicas por que entra 10% en todos los casos de polvo de *Pleurotus*, y el tamaño de partícula es uniforme para todos por lo que estas variables no influyen en la reflectancia de polvos finales del *mix* proteico. Para asegurar comparabilidad, se recomienda estandarizar el pretratamiento de hongo *Pleurotus* y de las mezclas (en parámetros de método de secado, aw, granulometría) previo a la medición con el colorímetro CR-400, y efectuar las lecturas bajo idénticas condiciones de compactación. [14, 15].
- **Estimación Proximal in silico:** El cálculo teórico que se desarrolló y que se encuentra basado en la Tabla de Composición de Alimentos del MINSa permitió discriminar con rapidez la opción más promisoría para un posicionamiento “alto en proteína” (T1). No obstante, al tratarse de promedios ponderados, esta aproximación no capta interacciones inducidas por el proceso ni la variabilidad entre lotes de las materias primas. Adicionalmente, el uso de un factor general para convertir nitrógeno a proteína puede introducir sesgos en matrices multicomponente como es este caso. Por lo que se recomienda validar la composición con análisis bromatológicos experimentales (humedad, cenizas, lípidos, fibra); proteína por el método de Kjeldahl; y carbohidratos por diferencia, bajo control de base seca y trazabilidad de lotes. [7, 3].
- **Capacidad de retención de agua (CRA):** En los resultados se observa que la CRA esta modulada por el balance de las formulaciones entre la proteína y el almidón y se debe también a la interacción de las proteínas con los polisacáridos. En este contexto, el concentrado usado CPS y las proteínas de quinua favorecerían la ligazón de agua, mientras que la harina de plátano (rica en almidón) incrementaría el índice de absorción de agua (WAI). La mayor fracción proteica que pertenece al tratamiento 1 (T1) es consistente con una CRA superior (3.59 g/g) y en consecuencia, con una mejor textura percibida por los consumidores. Para consolidar y validar estos datos preliminares, es pertinente completar los ensayos de CRA de la mezcla proteica en un gradiente de pH (3–9) ya que solamente fue medida a pH 7 por trabajarse con agua destilada y no se usó un buffer a pH determinados, este valor puede influir ya que valores muy cercanos de pH al punto isoeléctrico de las proteínas logran mejor valor de CRA, y contrariamente cuanto mas se alejan de ese valor tienden a bajar su valor CRA [4].
- **Implicancias para el desarrollo del producto:** Con los datos que se han obtenido se desprende que el T1 de la mezcla proteica que contenía 50% es la mejor opción para obtener el producto “alto en proteína” y como base para líneas funcionales con el hongo *Pleurotus sp*. Para robustecer su perfil sensorial, podrían explorarse moduladores de sabor/aroma y ajuste fino de sólidos (proporción de plátano/aguaymanto) sin comprometer el 50% proteico. Similares pruebas hicieron [12, 13,15] y coinciden con este punto.

5. Agradecimiento

A la Dirección de Institutos de Investigación y al Vice Rectorado de Investigación de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac- Perú por haberme seleccionado como ganador del Concurso de FERCYT FERIA de Ciencia y Tecnología 2025, y por el reconocimiento económico, que constituye un estímulo importante para seguir trabajando en beneficio de la comunidad y contribuir al avance científico y tecnológico de nuestro país; este logro es un motivador para seguir adelante.

6. Biografías

- Ximena Peralta Peña, estudiante de octavo ciclo de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.
- Málaga Huaraca Ángel, estudiante de octavo ciclo de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.
- Ccorahua Melgarejo Margot, estudiante de octavo ciclo de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.
- Luis Antonio Pillaca Vilca, docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

7. Referencias

- [1] G. Chaquilla-Quilca, L. F. Pérez-Falcón, F. Lozano, A. Fernandez-Ayma, y Espinoza-Ticona, R. J. Silva-Paz y V. J. Huamani-Meléndez. Dehydration of *Suillus luteus* mushroom at different drying temperature, drying method, and pretreatment. *Ciência e Agrotecnologia*. 2024, 48. DOI: 10.1590/1413-7054202448016624
- [2] D. Phuritshabam-Vivekanandini, J. Islam, P. Narzary, D. Sharma y F. SULTANA. Bioactive compounds, nutraceutical values and its application in food product development of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Journal of Future Foods*. 2024, 4(4), pp. 335–342. ISSN 2772-5669. DOI: 10.1016/j.jfutfo.2023.11.005.
- [3] G. Jaworska, K. Pogoń, E. Bernaś, A. Skrzypczak y Kapusta, Vitamins, phenolics and antioxidant activity of culinary prepared *Suillus luteus* (L.) Roussel mushroom. *LWT – Food Science and Technology*. 2014, 59(2), pp. 701–706. ISSN 0023-6438. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.07.040.
- [4] J. A. Carrasco-Gonzales, S. O. Serna-Saldivar y J. A. Gutierrez-Urbe. Nutritional composition and nutraceutical properties of the *Pleurotus* fruiting bodies: Potential use as food ingredient. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2017, 58, pp 69-81. DOI: 10.1016/j.jfca.2017.01.016.
- [5] S. Bulam, N. S. Üstün, y A. Pekşen. Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) as a healthy ingredient for sustainable functional food production. *Mantar Dergisi / The Journal of Fungus*. 2022, 13(3), pp. 131–143. DOI: 10.30708/mantar.1192063.
- [6] E. A. Abedayo y J. K. Oloke. Oyster Mushroom (*Pleurotus* species); A Natural Functional Food. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2017, 7(3), pp. 256-264. DOI: 10.15414/jmbfs.2017/18.7.3.254-264.
- [7] J. Raman, H. Lakshmanan, K.-Y. Jang, M. Oh, Y.-L. Oh, Y.-L. y J.-H Im. Nutritional composition and antioxidant activity of pink oyster mushrooms (*Pleurotus djamor* var. *roseus*) grown on a paddy straw substrate. *Journal of Mushrooms*. 2020, 18(3), pp. 189–200. ISSN 1738-0294 / 2288-8853. DOI: 10.14480/JM.2020.18.3.189.
- [8] M. E. Effiong, C. P. Umeokwochi, I. S. Afolabi y S. N. Chinedu. Assessing the nutritional quality of *Pleurotus ostreatus* (oyster mushroom). *Frontiers in Nutrition*. 2024, 10. DOI: 10.3389/fnut.2023.1279208.
- [9] AOAC International, "AOAC Official Method 925.10 — Moisture", Métodos oficiales de análisis. (Accedido: 15-nov-2025).
- [10] K. Acharya, S. Khatua y S. Ray. Quality assessment and antioxidant study of *Pleurotus djamor* (Rumph. ex Fr.) Boedijn. *International Journal of Food Science*. 2017, 7(06), PP. 105-110. DOI: 10.1155/2017/3721260.
- [11] Q. Liu, L. Sun, Y. Ding y Zhuang. Chemical composition, health benefits, food processing effects and applications of *Boletus*: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2024, 64(29), pp. 10812–10834. DOI: 10.1080/10408398.2023.2229426.
- [12] A. Ribeiro, G. Ruphuy, J. C. Lopes, M. M. Dias, L. Barros, M. F. Barreiro y I. C. F. R. Ferreira. Spray-drying microencapsulation of synergistic antioxidant mushroom extracts and their use as functional food ingredients. *Food Chemistry*. 2015, 188, pp. 612–618. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.05.061.
- [13] A. Judžentienė y J. Šarlauskas. Comparative research of antioxidant, antimicrobial, antiprotozoal and cytotoxic activities of edible *Suillus* sp. fruiting body extracts. *Foods*. 2025, 14(7), artículo 1130. DOI: 10.3390/foods14071130.
- [14] Y. Espinoza-Ticona, F. Lozano, L. Moreano-Alarcón, J. J. Calixto-Muñoz y G. Chaquilla-Quilca. Pre-treatments and drying methods on the physicochemical and sensory characteristics of wild mushrooms (*Suillus luteus*) from Apurímac-Peru. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*. 2023, 39(3), pp. 276–287. DOI: 10.29393/CHJAA39-24PDYG50024.
- [15] S. Babaei-Rad, H. Mumivand, S. Mollaei y A. Khadivi. Effect of drying methods on phenolic compounds and antioxidant activity of *Capparis spinosa* L. fruits. *BMC Plant Biology*. 2025, 25. DOI: 10.1186/s12870-025-06110-y.



Revista Micaela

ISSN: 2955-8646 (en línea) / 2709-8990 (Impresa)
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
Vice Rectorado de Investigación – Perú

Vol. 6 Num. 2 (2025) - Publicado: 17/12/25
<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025>
Páginas: 24 - 31
Recibido 24/11/2025; Aceptado 15/12/2025

<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025.184>

Edición Especial: Cosmovisión Andina – 2025

Autores:

1. **ORCID ID** <https://orcid.org/0009-0000-0230-0865> Edwin José Vargas-Villcas estudiante en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, 231098@unamba.edu.pe
2. **ORCID ID** <https://orcid.org/0009-0006-0335-1502> Safira Magdiel Sairitupa-Altamirano estudiante en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, 201272@unamba.edu.pe
3. **ORCID ID** <https://orcid.org/0009-0007-5434-1774> Aydee Katherine Juro-Vargas estudiante en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, 231026@unamba.edu.pe
4. **ORCID ID** <https://orcid.org/0000-0003-2763-0363> Luis R. Paredes-Quiroz docente en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, lparedes@unamba.edu.pe

foaming capacity, and mass loss were analyzed, in addition to a sensory test carried out with 25 panelists. The results showed a pH of 6.45 ± 0.18 , hardness of 32.4 ± 1.46 N, and foaming capacity of 420 ± 10 mL, indicating stability and compatibility with the scalp. Sensory evaluation revealed mean scores above 4.4 for aroma, texture, and lather quality. Its solid format eliminates the need for plastic packaging, contributing to an estimated 100% reduction compared with conventional liquid shampoo presentations. This design demonstrates the feasibility of using essential oils as a natural alternative to synthetic fragrances and promotes the development of sustainable cosmetics based on local biodiversity.

Keywords: Solid shampoo, *Cymbopogon citratus*, Essential oil

Desarrollo de champú sólido con incorporación de compuestos aromáticos de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) como fragancia natural

Development of a solid shampoo incorporating aromatic compounds from lemon verbena (*Cymbopogon citratus*) as a natural fragrance

Edwin J. Vargas-Villcas¹, Safira M. Sairitupa-Altamirano²
Aydee Katherine Juro Vargas³ y Luis R. Paredes-Quiroz⁴

Resumen. El presente diseño innovador tiene como objetivo desarrollar champú sólido ecológico formulado con compuestos aromáticos naturales de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*). El estudio incluyó la obtención del aceite esencial mediante destilación por arrastre de vapor, la formulación del producto mediante el método de fusión y moldeado, y la evaluación de sus propiedades físicas, fisicoquímicas y sensoriales. Se analizaron parámetros como pH, humedad, dureza, capacidad espumante y pérdida de masa, además de una prueba sensorial con 25 panelistas. Los resultados mostraron un pH de $6,45 \pm 0,18$, dureza de $32,4 \pm 1,46$ N y capacidad espumante de 420 ± 10 mL, indicando estabilidad y compatibilidad con el cuero cabelludo. Sensoriamente, el champú obtuvo promedios superiores a 4,4 en aroma, textura y espuma. Su forma sólida permite prescindir del uso de envases plásticos, contribuyendo a una reducción estimada del 100 % respecto a presentaciones líquidas convencionales. El diseño evidencia la viabilidad de emplear aceites esenciales como alternativa natural a fragancias sintéticas y promueve el desarrollo de cosmética sostenible basada en biodiversidad local.

Palabras clave: Champú sólido, *Cymbopogon citratus*, Aceite esencial.

Abstract. The present innovative design aims to develop an ecological solid shampoo formulated with natural aromatic compounds from lemongrass (*Cymbopogon citratus*). The study included the extraction of essential oil through steam distillation, product formulation using the melt-and-mold method, and the evaluation of its physical, physicochemical, and sensory properties. Parameters such as pH, moisture, hardness, and mass loss were analyzed, in addition to a sensory test carried out with 25 panelists. The results showed a pH of 6.45 ± 0.18 , hardness of 32.4 ± 1.46 N, and foaming capacity of 420 ± 10 mL, indicating stability and compatibility with the scalp. Sensory evaluation revealed mean scores above 4.4 for aroma, texture, and lather quality. Its solid format eliminates the need for plastic packaging, contributing to an estimated 100% reduction compared with conventional liquid shampoo presentations. This design demonstrates the feasibility of using essential oils as a natural alternative to synthetic fragrances and promotes the development of sustainable cosmetics based on local biodiversity.

1 Introducción

En los últimos años, los champús sólidos han emergido como alternativa sostenible a los productos convencionales, debido a su menor contenido de agua, mayor concentración de activos y reducción del uso de envases plásticos. Diversos estudios reportan que los tensioactivos biodegradables, como el Sodium Cocoyl Isethionate (SCI), ofrecen buena capacidad espumante, estabilidad estructural y compatibilidad dérmica en formulaciones sólidas [1,2]. Paralelamente, se ha demostrado que aceites esenciales ricos en compuestos bioactivos pueden sustituir fragancias sintéticas y aportar desarrollo de champús sólidos que integren aceites y extractos de plantas aromáticas peruanas, particularmente *Cymbopogon citratus*, cuyas propiedades funcionales no han sido evaluadas ampliamente en matrices sólidas ni en pruebas sensoriales con usuarios [3]. Esto limita la generación de productos ecológico con identidad territorial y valor agregado.

El empleo de hierba luisa se justifica científicamente por su alto contenido de citral y otros mono terpenos con actividad antimicrobiana, antioxidante y aromática. Evaluar su incorporación en champú sólido permite determinar su influencia en parámetros fisicoquímicos, estabilidad, funcionalidad y aceptación sensorial, contribuyendo al desarrollo de cosméticos sostenibles a partir de biodiversidad local. En este marco, el presente estudio tiene como objetivo desarrollar y caracterizar champú sólido ecológico formulado con compuestos aromáticos naturales de hierba luisa, evaluando sus propiedades físicas, fisicoquímicas y sensoriales. El alcance del trabajo se centra en la formulación, el análisis de parámetros básicos de estabilidad y la aceptación del usuario; sin embargo, no incluye ensayos dermatológicos clínicos ni estudios de estabilidad microbiológica prolongada, lo cual se plantea como futura línea de investigación.

1.1 Formato sólido como solución sostenible

El formato sólido de champú representa una innovación tecnológica y ambiental, al reducir de manera significativa el uso de agua en la formulación, así como minimizar los envases plásticos [4]. Estudios recientes señalan que los champús sólidos ofrecen una huella de transporte y residuos menor debido a su formato compacto y concentrado [1]. Esta transformación del formato tradicional permite además una integración más eficiente de ingredientes funcionales y naturales en una presentación más ecológica. En la tabla 1 se muestra la comparación entre champú sólido y líquido describiendo así características físicas.

Tabla 1. Tabla comparativa de champú en barra y líquida

Característica	Champú sólido	Champú líquido
Consumo de agua	Bajo (concentrado, $\leq 30\%$ del líquido equivalente)	Alto (aprox. 70% del total)
Envase plástico	Mínimo o nulo (cartón, biodegradables)	Botella plástica 100% reciclable
Concentración de activos	Alta (mayor eficacia por unidad de producto)	Baja (diluido en agua)
Estabilidad	Larga vida útil, menos conservantes	Requiere conservantes químicos
Costo estimado	Medio-alto inicial, ahorro a largo plazo	Medio, mayor gasto en envase y transporte

1.2 Uso de recursos botánicos

La hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) se ha consolidado como una especie de gran valor farmacológico y cosmético, característica de las regiones del Perú [5]. Su alto contenido de compuestos como citral, limoneno y geraniol le confiere propiedades antioxidantes, antimicrobianas y antiinflamatorias, Investigaciones recientes muestran que los aceites esenciales y extractos de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) pueden mejorar la estabilidad de los productos cosméticos, aportar fragancia natural y actuar como conservantes gracias a todos sus componentes bioactivos, reduciendo la dependencia de aditivos sintéticos [6]. Esta evidencia que respalda la integración de hierba luisa en formulaciones sólidas, donde la combinación de funcionalidad y sostenibilidad es clave para el desarrollo de cosméticos innovadores [3,7]. Ver tabla 2

Tabla 2. Componentes bioactivos de la hierba luisa (*Cymbopogon citratus*)

Constituyentes de los aceites esenciales
Citral
Burneol
α -óxido de pineno
Linalool
Citronellal
Nerol
Geraniol

La actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos de distintas partes de la planta, ha demostrado su eficacia como conservante natural en productos cosméticos. Por otro lado, se caracterizan químicamente el aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) y destacan su aplicación funcional en formulaciones sólidas [7,8]. Estos antecedentes evidencian la viabilidad de sustituir fragancias y conservantes sintéticos, así como la oportunidad de aprovechar recursos vegetales locales, constituyendo un aporte innovador y sostenible para la industria cosmética.

Diversos estudios destacan el desarrollo de champús sólidos elaborados con tensioactivos biodegradables, los cuales ofrecen buena capacidad espumante, estabilidad estructural y reducen el uso de envases plásticos [2,4]. Asimismo, el uso de aceites esenciales naturales como el de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) aporta propiedades antimicrobianas, antioxidantes y un aroma cítrico característico, gracias a su alto contenido de citral [9]. En el contexto peruano, su aprovechamiento en formulaciones cosméticas promueve la sostenibilidad, el valor agregado y el uso responsable de la biodiversidad local [10].

1.3 Oportunidades de desarrollo del mercado cosmético sostenible en el Perú

El mercado cosmético peruano ha mostrado un crecimiento sostenido en los últimos años, impulsado por la demanda de productos naturales y ecológicos. Según el panorama sectorial del Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, el valor del mercado nacional alcanza aproximadamente S/ 9 300 millones en 2024. Este crecimiento está apoyado por la expansión de marcas locales, el comercio electrónico y la demanda de formulaciones con menor impacto ambiental.

La industria cosmética contribuye de manera significativa a la economía nacional. Reportes gremiales indican que el sector representa cerca del 1% del PBI y genera un alto número de empleos directos e indirectos a lo largo de la cadena productiva. Este dinamismo ha sido estimulado por la preferencia del consumidor peruano hacia productos de origen natural, libres de parabenos y sulfatos, así como por el auge de emprendimientos ecológicos y marcas locales de base vegetal [10,11].

El Perú posee ventajas competitivas basadas en su biodiversidad: aceites esenciales, mantecas vegetales y extractos botánicos provenientes de especies nativas como *Cymbopogon citratus*, sacha inchi y aguaje. MINCETUR identifica estos recursos como oportunidades estratégicas para la innovación cosmética y el desarrollo de productos con identidad territorial [11].

La literatura académica y estudios recientes sobre bio cosméticos en Latinoamérica señalan una creciente demanda por ingredientes naturales, biodegradables y trazables, lo cual respalda la viabilidad de la cosmética sostenible en el Perú [12,13]

1.4 Oportunidad regional: valorización de recursos naturales en Apurímac

En el contexto regional, Apurímac posee una alta diversidad botánica y condiciones agroecológicas favorables para el cultivo de plantas aromáticas como la hierba luisa, el romero, la muña y el eucalipto, las cuales presentan potencial de aprovechamiento en la industria cosmética artesanal y sostenible. Estas especies son cultivadas tradicionalmente en provincias como Abancay, Aymaraes y Andahuaylas, en sistemas agrícolas familiares y ecológicos [14].

El desarrollo de champú sólido con compuestos aromáticos de hierba luisa representa una oportunidad de innovación agroindustrial para la región, promoviendo el uso de recursos locales y la creación de cadenas de valor sostenibles. Además, se alinea con los planes regionales de desarrollo productivo y con las metas de fomentar la industrialización a pequeña escala basada en recursos naturales renovables [3].

La investigación se desarrolló en el Laboratorio de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac (UNAMBA), en la ciudad de Abancay, Perú, entre los meses de agosto y noviembre de 2025.

2 Método

El presente estudio corresponde a un diseño experimental aplicado con enfoque cuantitativo. Se desarrolló bajo un diseño completamente aleatorizado (DCA), donde las unidades experimentales fueron barras de champú sólido de 100 g, evaluadas en tres réplicas para cada análisis físico y fisicoquímico. La hipótesis planteada sostiene que la incorporación de compuestos aromáticos de *Cymbopogon citratus* mejora las propiedades sensoriales del champú sin afectar su estabilidad fisicoquímica. La variable independiente fue la inclusión de aceite esencial, extracto e hidrolato de hierba luisa, mientras que las variables dependientes correspondieron al pH, humedad, dureza, capacidad espumante, pérdida de masa

y atributos sensoriales. Se controlaron factores como temperatura de elaboración, proporciones de tensioactivos, tipo de molde y tiempo de curado. Adicionalmente, se realizó una evaluación sensorial con 25 panelistas no entrenados, quienes valoraron aroma, textura, espuma, enjuague y sensación post lavado.

2.1 Formulación del champú sólido ecológico

La formulación del champú sólido se realizó mediante el método de fusión y moldeado, empleando ingredientes expresados en porcentaje en peso (% p/p) sobre un lote total de 100 g. La fase tensioactiva se preparó mezclando Sodium Cocoyl Isethionate (SCI) (50 %) y almidón de maíz (9 %). La fase oleosa incluyó manteca de copoazú (5 %), Danox HC-30 mezcla acondicionadora basada en tensioactivos anfóteros y no iónicos (14 %), aceite de castaña (1 %), ácido esteárico (11 %) y oleato de romero (0.5 %). La fase activa se preparó en frío con coco glucósido (1.5 %), betaína de coco (1.5 %), glicerina (4 %), extracto (1 %), aceite esencial (1.5 %) e hidrolato de *Cymbopogon citratus* (1 %). Las fases 1 y 2 se integraron con agitación moderada (250–300 rpm) durante 5 min, incorporándose luego la fase 3 para obtener una masa homogénea. La mezcla se colocó en moldes y se dejó solidificar 24–48 h, seguida de un curado de 7 días a 20–25 °C. Los porcentajes finales se ajustaron para sumar 100 %, y todos los insumos fueron verificados mediante control de calidad básico (apariciencia, olor, lote y fecha de vencimiento). tabla 3:

Tabla 3. Formulaciones de champú sólido ecológico

Fase	Insumos	Composición química (INCI o compuesto principal)	Función	%
MEZCLA 1	Sodium Cocoyl Isethionate	Sodium Cocoyl Isethionate	Tensioactivo primario	50 %
	Almidón de maíz	Amylose, Amylopectin	Agente estructurante	9%
MEZCLA 2	Manteca de copoazú		Emoliente	5%
	Danox hc30	Behenamidopropyl Dimethylamine, Dipalmitoylethyl Hydroxyethylmononium Methosulfate, Cetyl Alcohol, Stearyl Alcohol, Lactic Acid	Acondicionador	14%
	Aceite de castaña	(ácidos oleicos, linoleico)	Extracto oleoso	1%
	Acido esteárico triple	Stearic Acid	Agente estructurante	11%
	Oleato de romero		Extracto oleoso	0.5 %
MEZCLA 3	Coco glucósido	Coco-Glucoside	Tensioactivo secundario	1%
	Betaína de coco	Cocamidopropyl Betaine	Tensioactivo secundario	1%
	Glicerina	Glycerin	Humectante	4%
	Extracto de hierba luisa	<i>Cymbopogon citratus</i> Extrac	Componente activo	1%
	Aceite esencial de hierba luisa	Citral, geraniol, limoneno	Componentes activos	1.5%
	Hidrolato de hierba luisa	Agua destilada, compuestos volátiles: citral, geraniol	Componentes activos	1%
			Total	100 %

2.2 Obtención del aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*)

Para la obtención del aceite esencial se recolectaron 2 kg de hojas frescas de hierba luisa, seleccionadas en estado vegetativo temprano, entre las 7:00 y 9:00 a. m. en la provincia de Abancay (Apurímac, Perú). Las hojas fueron lavadas, troceadas y procesadas el mismo día de la recolección para evitar pérdidas de compuestos volátiles.

La destilación se realizó mediante arrastre de vapor en un equipo tipo Clevenger, empleando una relación masa: agua de 1:4 (p/v) y un tiempo total de 3 horas bajo temperatura controlada entre 95–100 °C. El aceite esencial obtenido se separó por decantación, se deshidrató con sulfato de sodio anhidro (Na₂SO₄) y posteriormente se filtró.

El aceite se almacenó en viales ámbar herméticos, llenados hasta el borde para minimizar la oxidación, y conservados a 4 °C hasta su uso en la formulación. El rendimiento promedio obtenido fue de 0,8 % (v/p) respecto a la masa fresca de hojas. La caracterización cualitativa del aceite se hizo mediante revisión bibliográfica, destacando compuestos mayoritarios como citral (neral + geraniol), geraniol y limoneno, debido a que no se realizó análisis instrumental (GC-MS) en el presente estudio. ver Figura 1.

2.3 Elaboración del champú sólido ecológico

El proceso de elaboración del champú sólido ecológico inicia con la recepción y pesado de insumos. En la mezcla 1, los tensioactivos sólidos se combinan bajo calentamiento controlado entre 45 y 70 °C hasta obtener una base homogénea. Posteriormente, en la mezcla 2, se integran los emolientes y agentes estructurantes a la misma temperatura. A continuación, se incorpora la mezcla 3, que contiene humectantes, extractos y compuestos aromáticos de hierba luisa, a temperaturas de 30–45 °C, con el fin de preservar los compuestos volátiles. La masa resultante se moldea y prensa, seguida de un proceso de enfriado y curado a 15–25 °C, previo al análisis fisicoquímico y a la evaluación sensorial. Finalmente, el producto se empaqueta y almacena asegurando su estabilidad y calidad final. Las condiciones de temperatura aplicadas en cada etapa del proceso se ilustran en la Figura 2.

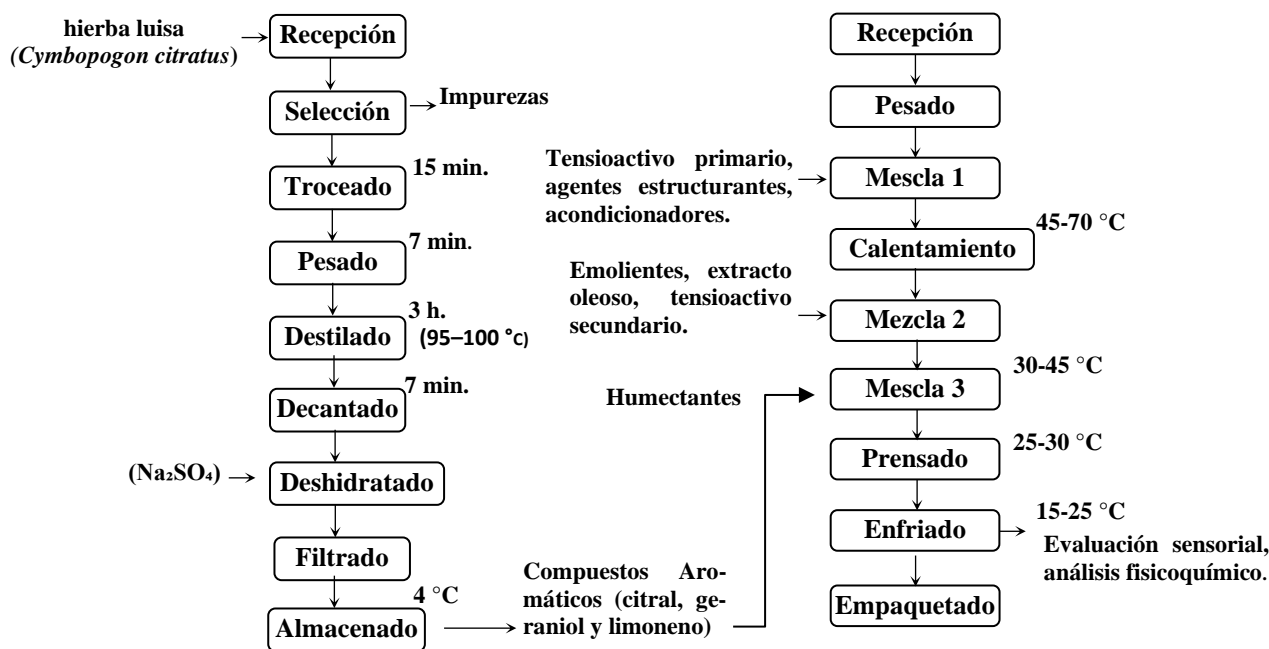


Fig. 1. Diagrama del proceso de obtención del aceite esencia de hierba luisa.

Fig. 2. Diagrama de proceso para elaborar el champú sólido

2.4 Evaluación de características físicas y fisicoquímicas

Se analizaron las siguientes propiedades, realizando repeticiones por lote:

- Color y textura: evaluados mediante inspección visual y táctil estandarizada bajo iluminación natural. Se registra como método sensorial, sin instrumentación colorimétrica.
- Peso promedio: determinado con balanza analítica (± 0.001 g).
- pH: medido en una solución al 10% (p/v) mediante pH-metro calibrado.
- Humedad (%): por método gravimétrico
- Dureza (N): medida mediante texturómetro universal con sonda cilíndrica de 2 mm.
- Capacidad espumante: se evaluó mediante el método del cilindro de agitación. Se utilizaron 5 mL de una solución del champú sólido al 10% (p/v). El volumen de espuma generado tras 1 minuto de agitación vigorosa fue registrado como capacidad espumante.
- Pérdida de masa tras uso: se evaluó sometiendo el champú a 10 ciclos de humectación y secado controlado, registrando la variación gravimétrica.

2.5 Evaluación sensorial

Se realizó una prueba hedónica con 25 panelistas no entrenados, quienes calificaron los atributos aroma, textura, espuma, enjuague y sensación post lavado mediante una escala de 5 puntos (1 = muy desagradable, 5 = muy agradable). La muestra fue evaluada en condiciones controladas de iluminación y temperatura (25 °C). Los resultados se expresaron como promedio \pm desviación estándar.

2.6 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el software SPSS v25 bajo un diseño completamente aleatorizado, con tres réplicas por cada determinación fisicoquímica. Se evaluó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene. Para comparar los valores de pH, humedad, dureza, capacidad espumante y pérdida de masa entre réplicas, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor, empleando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Cuando se detectaron diferencias significativas, se realizaron comparaciones múltiples mediante la prueba de Tukey HSD. Los resultados sensoriales, al tratarse de datos hedónicos ordinales, se analizaron mediante estadística descriptiva (media \pm desviación estándar), sin pruebas inferenciales, debido a la naturaleza no paramétrica de las escalas y a que los panelistas no constituyen una muestra aleatoria representativa.

3 Resultados

3.1 Características físicas

El champú sólido presentó textura compacta y homogénea, color natural y apariencia cremosa. La formación de espuma fue buena al contacto con agua. La estabilidad de las barras se conservó durante 3 meses a temperatura ambiente, sin cambios visibles en color ni textura. Tabla 4

Tabla 4. Características físicas del champú sólido con aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*)

Parámetro	Unidad	Resultado	Observación
Color*		blanco crema	Homogéneo, brillante
Textura		Compacta y lisa	Sin grietas ni exudación
Peso promedio	g	100 \pm 2.09	Por unidad moldeada
Aroma		Cítrico natural	Propio del aceite esencial

Nota. Los valores de promedio \pm desviación estándar (n = 3). *El color fue registrado mediante evaluación visual según lo descrito en la metodología; no se aplicó análisis colorimétrico instrumental, lo cual constituye una limitación del estudio.

3.2 Análisis fisicoquímico

En la tabla 5 se presenta el análisis fisicoquímico del champú sólido ecológico con aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*).

Tabla 5. Análisis fisicoquímico del champú sólido ecológico con aceite esencial de (*Cymbopogon citratus*)

Parámetro	Unidad	Resultado	Rango recomendado
pH		6.45 \pm 0.18	4.5 – 6.5
Humedad	%	8.5 \pm 0.39	< 10
Dureza	N	32.4 \pm 1.46	25 – 35
Capacidad espumante	mL de espuma / 5 mL de muestra	420 \pm 10.08	> 350
Pérdida de masa (tras 10 usos)	%	3.2 \pm 0.31	< 5

Nota. Los datos se expresan como promedio \pm desviación estándar (n = 3). Valores se mantuvieron dentro del rango óptimo de estabilidad y compatibilidad capilar.

3.3 Evaluación sensorial

En la tabla 6 se presenta la evaluación sensorial del champú sólido ecológico con aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*)

Tabla 6. Evaluación sensorial del champú sólido con fragancia natural de hierba luisa

Atributo sensorial	Puntaje promedio	Interpretación
Aroma	4.8 \pm 0.21	Muy agradable, cítrico y duradero
Textura	4.5 \pm 0.29	Suave, compacta y fácil de usar
Espuma	4.6 \pm 0.21	Abundante y cremosa
Enjuague	4.4 \pm 0.31	Se retira fácilmente sin residuos
Sensación post-lavada	4.7 \pm 0.19	Cabello suave y brillante

4 Discusiones y conclusiones

4.1 Discusiones

El champú sólido con aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) desarrollado, mostró características físicas y sensoriales estables, con una textura compacta, color uniforme y aroma cítrico persistente. Estos resultados confirman la viabilidad técnica del uso de tensioactivos biodegradables combinados con mantecas naturales y extractos vegetales. Un estudio previo evaluó formulaciones sólidas a base de Sodium Cocoyl Isethionate (SCI) y betaína de coco, confieren estabilidad estructural sin necesidad de conservantes sintéticos [1], mostrando resultados finales.

Desde el punto de vista fisicoquímico, el champú mantuvo un pH de 6.45 ± 0.18 , dentro del rango fisiológico del cuero cabelludo. Estos resultados concuerdan con lo reportado en estudios previos, los cuales quienes recomiendan pH entre 5.0 y 7.0 para evitar desnaturalización de proteínas cutáneas [15]. Asimismo, la humedad ($8.5 \pm 0.39\%$) y la dureza del producto se mantuvieron estables, lo que sugiere una formulación equilibrada entre fase grasa y tensioactiva. Sin embargo, se observaron leves variaciones en la dureza durante el almacenamiento, posiblemente asociadas a la temperatura ambiental o al contenido de glicerina, lo que podría ser evaluado en estudios de estabilidad acelerada.

La capacidad espumante (420 ± 10.08 mL/5 mL) fue comparable con los estándares industriales, evidenciando la eficacia de los tensioactivos naturales. Estos resultados coinciden con estudios que destacan el potencial de surfactantes derivados de carbohidratos para sustituir tensioactivos petroquímicos [2]. No obstante, futuras investigaciones podrían evaluar la biodegradabilidad final del producto y su impacto toxicológico.

En el ámbito sensorial, el producto obtuvo alta aceptación del panel sensorial, especialmente en aroma y sensación post lavado. La fragancia de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) fue percibida como natural, fresca y duradera, en concordancia con Catarina da Silva et al. (2022) [9], quienes atribuyen tales características al citral, principal componente del aceite esencial. Este compuesto, además de aportar aroma, presenta propiedades antioxidantes y antimicrobianas, lo que sugiere un doble beneficio cosmético y funcional [7,8]. La coincidencia con estos autores refuerza el potencial del aceite de hierba luisa como sustituto sustentable de fragancias sintéticas.

En comparación con formulaciones comerciales, el champú sólido desarrollado reduce el impacto ambiental al eliminar el uso de envases plásticos, alineándose con los objetivos de consumo responsable y conservación ambiental [1]. Sin embargo, una limitación del presente estudio es la falta de ensayos microbiológicos prolongados que permitan validar la estabilidad del aroma y la inocuidad tras periodos extensos de almacenamiento. Estos aspectos se plantean como líneas futuras de investigación.

Finalmente, los resultados demuestran que la incorporación de compuestos aromáticos naturales puede generar valor agregado en la industria cosmética, especialmente en regiones del Perú como Apurímac, donde el cultivo de hierba luisa tiene importancia económica local [10]. Este enfoque permite vincular innovación tecnológica, sostenibilidad y aprovechamiento de la biodiversidad nacional.

4.2 Conclusiones

- Se obtuvo aceite esencial de *Cymbopogon citratus* mediante destilación por arrastre de vapor, logrando un rendimiento adecuado para su incorporación en formulaciones cosméticas ecológicas.
- Se desarrolló champú sólido empleando tensioactivos biodegradables y compuestos aromáticos naturales, obteniendo una formulación estable y de fácil elaboración.
- Los análisis fisicoquímicos mostraron valores dentro de rangos aceptables para productos capilares (pH = 6.45 ± 0.18 ; dureza = 32.4 ± 1.46 N; humedad < 10 %; espuma > 350 mL), confirmando la funcionalidad del producto.
- La evaluación sensorial evidenció alta aceptación de los panelistas (puntajes > 4.4), especialmente en aroma, textura y espuma, demostrando la efectividad del aceite esencial como fragancia natural.
- El formato sólido permite eliminar el uso de envases plásticos, contribuyendo a la reducción del impacto ambiental y posicionándose como alternativa sostenible frente a los champús líquidos convencionales.

5 Agradecimiento

Agradezco profundamente a la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac (UNAMBA) por la oportunidad brindada para desarrollar y presentar este proyecto en el FERCYT, espacio que impulsa la creatividad, la investigación y la innovación científica. También expreso mi gratitud al Laboratorio de Ingeniería Agroindustrial, por el apoyo técnico y los recursos que permitieron llevar a cabo los ensayos experimentales. De igual manera, agradezco al docente asesor Luis R. Paredes Quiroz, por su orientación, sugerencias y acompañamiento durante todo el proceso. Finalmente, reconozco la inspiración que brindan los productores locales de Abancay, cuyo trabajo con materias primas naturales motivó la creación de un producto sostenible y con identidad regional.

6 Referencia

- [1]. Aguilar AR, Alva TA, Bernedo EK, Gomez DJ, Ganoza MM. Shampoo Sólido Natural: Pashoo [bachelor's thesis en Internet]. [lugar desconocido]: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC); 2019 [consultado el 8 de diciembre de 2025]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10757/651789>
- [2]. Begum W, Saha B, Mandal U. A comprehensive review on production of bio-surfactants by bio-degradation of waste carbohydrate feedstocks: an approach towards sustainable development. RSC Adv [Internet]. 2023 [consultado el 8 de diciembre de 2025];13(36):25599-615. Disponible en: <https://doi.org/10.1039/d3ra05051c>
- [3]. Sohail MA, Hassan SM, Tehseen MS, Shahzad H, Perveen G, Ibrahim MA, Hassan SK. Evaluation of phytochemicals and antioxidant potential of *Cymbopogon citratus*. Lahore Garrison Univ J Life Sci [Internet]. 2024 [consultado el 8 de diciembre de 2025];8(2):209–222. Disponible en: <https://doi.org/10.54692/lgujls.2024.0802337>
- [4]. Rukikaire K. ONU Programa para el medio ambiente [Internet]. Informe de la ONU sobre contaminación por plásticos advierte sobre falsas soluciones y confirma la necesidad de una acción mundial urgente; 21 de octubre de 2021 [consultado el 6 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/informe-de-la-onu-sobre-contaminacion-por-plasticos>
- [5]. MINCETUR, PROMPERÚ. gob.pe [Internet]. Ingredientes naturales peruanos para cosmética se abren camino en grandes mercados internacionales; 8 de junio de 2023 [consultado el 13 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/promperu/noticias/775222>
- [6]. Enríquez-Estrella MÁ, Poveda-Díaz SE, Alvarado-Huatatoca GI. Bioactivos de la hierba luisa utilizados en la industria. Rev Mex Cienc Agric [Internet]. 30 de enero de 2023 [consultado el 8 de diciembre de 2025];14(1):1-11. Disponible en: <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i1.3249>
- [7]. Wahyuni DK, Kharisma VD, Murtadlo AA, Rahmawati CT, Syukriya AJ, Prasongsuk S, Subramaniam S, Wibowo AT, Purnobasuki H. The antioxidant and antimicrobial activity of ethanolic extract in roots, stems, and leaves of three commercial *Cymbopogon* species. BMC Complement Med Ther [Internet]. 18 de julio de 2024 [consultado el 8 de diciembre de 2025];24(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12906-024-04573-4>
- [8]. Hassan H, Aboel-Ainin M, Ali S, Darwish A. Antioxidant and Antimicrobial activities of MEOH Extract of Lemongrass (*Cymbopogon citratus*). J Agric Chem Biotechnol [Internet]. 1 de febrero de 2021 [consultado el 8 de diciembre de 2025];12(2):25-8. Disponible en: <https://doi.org/10.21608/jacb.2021.149473>
- [9]. Saboia CD, Cardoso DT, Santos JV, Saboia CD, Barbosa RT, Teles AM, Mouchrek AN. Caracterização química e atividade antimicrobiana do óleo essencial e do extrato bruto do capim limão (*Cymbopogon citratus*). Res Soc Dev [Internet]. 28 de mayo de 2022 [consultado el 8 de diciembre de 2025];11(7):e37611730064. Disponible en: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i7.30064>
- [10]. PromPerú. Gobierno del Perú [Internet]. . Ingredientes naturales peruanos para cosmética se abren camino en grandes mercados internacionales; 8 de junio de 2023. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/promperu/noticias/775222>
- [11]. COPECOH. LA CÁMARA DE COMERCIO [Internet]. Informe sectorial del gremio de cosmética e higiene personal 2024; 19 de septiembre de 2024. Disponible en: <https://lacamara.pe/sector-cosmetico-e-higiene-creceria-6-en-2024-y-5-en-2025/>.
- [12]. Lozada P, Victoria-Tinoco L, Muñoz AM, Rojas J. Evaluation of Sebum Control and Safety for Daily Use of a Cosmetic Elastomer Formulated with Vegetable Oils from Peruvian Biodiversity. Cosmetics [Internet]. 2 de abril de 2025 [consultado el 8 de diciembre de 2025];12(2):66. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/cosmetics12020066>
- [13]. Aponte GM, Soledad-Rodríguez BE, Delgado JE. Industria de los cosméticos: tendencias de mercado de los biocosméticos. Rev Química [Internet]. 19 de marzo de 2025 [consultado el 8 de diciembre de 2025];39(1):2-14. Disponible en: <https://doi.org/10.18800/quimica.202501.001>
- [14]. TELLO-CERON, Gladys y Mercedes FLORES PIMENTEL. LAS PLANTAS TRADICIONALMENTE USADAS EN LA COMUNIDAD DE COCHARCAS, PROVINCIA DE CHINCHEROS, APURÍMAC, PERÚ. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. 2024, 23((2)), (2). ISSN 1993-9507.
- [15]. Sanjay SD, Dewangan A, Choudhary DR. Formulation and Evaluation of Polyherbal Based Shampoo. Int J Pharmacogn Herb Drug Technol [Internet]. 28 de agosto de 2025 [consultado el 8 de diciembre de 2025];39-53. Disponible en: <https://doi.org/10.64063/3049-1630.vol.2.issue8.4>



Revista Micaela

ISSN: 2955-8646 (en línea) / 2709-8990 (Impresa)
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
Vice Rectorado de Investigación – Perú

Vol. 6 Num. 2 (2025) - Publicado: 17/12/25
<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025>
Páginas: 32 - 39
Recibido 13/10/2025; Aceptado 16/12/2025

<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025.185>

Edición Especial: FERCYT UNAMBA - 2024

Autores:

1. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0000-6839-7866> Melany Concepción Pizarro-Cahuana, está en el la Universidad Nacional Micaela bastidas de Apurímac 211089@unamba.edu.pe
2. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0005-1167-5040> Liz Alejandra Román-Cruz, está en el la Universidad Nacional Micaela bastidas de Apurímac 211092@unamba.edu.pe
3. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0004-2692-222X> Carlos Eduardo Huamani-Mejía, está en el la Universidad Nacional Micaela bastidas de Apurímac 211324@unamba.edu.pe
4. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0002-7078-3779/print> Suimer Pareja-Ramos, está en el la Universidad Nacional Micaela bastidas de Apurímac spareja@unamba.edu.pe

Revalorización de la mashua: percepción social y alcances políticos desde un enfoque cualitativo en estudiantes y especialistas UNAMBA – 2025

Revaluation of the mashua: social perception and political scope from a qualitative approach in students and specialists UNAMBA – 2025

Melany Concepción Pizarro-Cahuana¹, Liz Alejandra Román-Cruz², Carlos Eduardo Huamani-Mejía³ y Suimer Pareja-Ramos⁴

Resumen. El presente estudio analiza la valoración social y el tratamiento político del cultivo andino mashua en el contexto de la agrobiodiversidad peruana. Se aplicó un enfoque cualitativo de tipo descriptivo, empleando encuestas cerradas a 63 estudiantes de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac (UNAMBA), así como análisis documental y entrevistas a especialistas de los ámbitos agroindustrial y político. Los resultados muestran que el 76,2 % de los estudiantes conoce la mashua y que el 85,7 % respalda la implementación de políticas públicas para promover su producción y consumo, aunque su reconocimiento social y económico aún es limitado. Desde el análisis cualitativo, los especialistas destacan su alto potencial nutricional y medicinal, pero identifican como principales limitaciones la escasa industrialización, la falta de investigación aplicada y la débil articulación institucional. Asimismo, se evidencia que las políticas públicas vigentes son insuficientes y carecen de continuidad, priorizando cultivos de exportación como la quinua. Se concluye que la revalorización de la mashua requiere una articulación efectiva entre el Estado, la academia y las comunidades locales, mediante políticas sostenibles, apoyo técnico y económico, y estrategias de difusión que fortalezcan su identidad cultural y contribuyan al desarrollo rural sostenible y la seguridad alimentaria.

Palabras Clave: desarrollo rural, mashua, percepción social, políticas públicas.

Abstract. This study analyzes the social value and political treatment of the Andean crop mashua within the context of Peruvian agrobiodiversity. A descriptive qualitative approach was used, employing closed-ended surveys of 63 students from the National University Micaela Bastidas of Apurímac (UNAMBA), as well as document analysis and inter-

views with specialists in the agro-industrial and political sectors. The results show that 76.2% of the students are familiar with mashua and that 85.7% support the implementation of public policies to promote its production and consumption, although its social and economic recognition remains limited. From the qualitative analysis, specialists highlight its high nutritional and medicinal potential, but identify the main limitations as limited industrialization, a lack of applied research, and weak institutional coordination. Furthermore, it is evident that current public policies are insufficient and lack continuity, prioritizing export crops such as quinoa. It is concluded that the revaluation of mashua requires an effective articulation between the State, academia and local communities, through sustainable policies, technical and economic support, and dissemination strategies that strengthen their cultural identity and contribute to sustainable rural development and food security.

Keywords: rural development, mashua, social perception, public policies.



1 Introducción

La mashua (*Tropaeolum tuberosum*) es un tubérculo originario de las regiones altoandinas, cultivado entre los 2400 y 4300 m s. n. m., con presencia en Perú, Bolivia, Colombia y Ecuador. En el territorio peruano se han identificado más de cien variedades distribuidas en Áncash, Apurímac, Ayacucho, Huánuco, Junín y Puno, donde históricamente cumplió un rol alimentario y simbólico desde épocas prehispánicas [1]. Además de su valor cultural, la mashua destaca por su aporte de carbohidratos, proteínas, vitamina C y minerales esenciales, lo que la posiciona como un alimento con alto potencial nutricional y funcional [2]. No obstante, pese a estas propiedades, continúa siendo un cultivo subvalorado, con escasa industrialización y limitada presencia en políticas públicas, en comparación con otros productos andinos priorizados. Esta situación restringe su reconocimiento social y económico.

El problema general que aborda este estudio es la baja valoración social y la débil priorización política de la mashua, a pesar de su reconocido potencial nutricional y cultural, lo cual limita su revalorización sostenible. En este contexto, el presente trabajo analizó la percepción social y los alcances políticos de la revalorización de la mashua en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac (UNAMBA) durante el año 2025. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, descriptivo y exploratorio; por ello, no se formularon hipótesis, ya que se buscó comprender las percepciones y opiniones de los actores involucrados más que contrastar relaciones causales.

El objetivo general fue analizar la percepción social e identificar las implicaciones políticas relacionadas con la revalorización de la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) en la UNAMBA durante el 2025; asimismo, se planteó identificar el nivel de conocimiento y valoración social de la mashua entre los estudiantes, plasmar las opiniones de especialistas agroindustriales sobre sus potenciales y limitaciones técnicas, y analizar las percepciones de politólogos respecto al papel de las políticas públicas en su revalorización.

1.1 Antecedentes

En el Perú, diversas instituciones han desarrollado iniciativas orientadas a la conservación y puesta en valor de la mashua (*Tropaeolum tuberosum*), aunque su alcance aún es limitado frente a otros cultivos andinos que reciben mayor respaldo estatal.

1.1.1 Antecedentes Políticos:

Los antecedentes muestran que la mashua posee un valor estratégico aún poco reconocido, pese a los avances logrados en iniciativas recientes. El INIA resguarda 223 accesiones de mashua en su banco de germoplasma y promueve su conservación como recurso prioritario de la agrobiodiversidad andina [1]. A nivel comunitario, el proyecto El poder de la mashua, desarrollado en Chillihuani, Cusco, logró la recuperación de 8 ecotipos, incrementó los ingresos familiares en un 10 % mediante productos con valor agregado y fortaleció capacidades locales con apoyo del PPD-PNUD [3]. Asimismo, informes institucionales señalan que estas acciones contribuyen a revertir la pérdida de variedades nativas y a situar a la mashua dentro de estrategias vinculadas a la seguridad alimentaria y al desarrollo rural sostenible [4].

Por otro lado, el programa Andean Grains, financiado por el SDG Fund, fortaleció la cadena de valor de la quinua y benefició a más de 4 200 productores, mediante buenas prácticas agrícolas, capacitación y promoción del consumo interno, consolidando su revalorización económica, social y cultural [5]. La quinua también ha sido incorporada en políticas alimentarias del Estado: en 2008, el PRONAA autorizó la compra de productos andinos, incluida la quinua, para fomentar su producción [6], y desde 2012, Qali Warma incorporó quinua procesada en la dieta escolar, reforzando su reconocimiento como alimento estratégico [7]. Además, otros programas del MIDAGRI y el MINAM han impulsado cultivos como la maca, el tarwi y la kiwicha mediante mejoras tecnológicas, estrategias de comercialización e inserción en mercados nacionales e internacionales [8][9]. Sin embargo, la mashua (*Tropaeolum tuberosum*), pese a su importancia nutricional y simbólica, aún no cuenta con políticas públicas equivalentes, lo que evidencia la necesidad de mayores incentivos, investigación aplicada y estrategias de difusión que fortalezcan su presencia en el mercado y su contribución al desarrollo rural andino.

1.1.2 Antecedentes de investigación

La investigación e innovación han demostrado el alto potencial de la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) para su aprovechamiento a nivel industrial, siempre que exista una demanda sostenida del producto. Estudios como la elaboración de

tallarines con harina de mashua negra y extracto de betarraga, que resaltan sus propiedades antioxidantes [10]; la formulación de una bebida funcional con maracuyá, colágeno y estevia, orientada al bienestar y la salud [11]; y la producción de tortillas de mashua enriquecidas con cushuro, chía y linaza, que promueven alternativas innovadoras para el consumo masivo [12], evidencian la viabilidad técnica y nutricional del cultivo en la industria alimentaria. Sin embargo, a pesar de los avances científicos que buscan incentivar su consumo y conocimiento, estas investigaciones suelen quedar relegadas por la falta de apoyo estatal, ya que no existen políticas sólidas que promuevan la valoración de la mashua ni su comercialización a nivel nacional o internacional. Esto limita su potencial de industrialización y revalorización económica, desaprovechando un recurso andino con amplias posibilidades de impacto social, nutricional y productivo.

2 Método

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, de tipo descriptivo y exploratorio, adecuado para comprender percepciones y significados construidos por los actores sociales [13]. Los datos cuantitativos descriptivos (frecuencias y porcentajes) se emplearon únicamente como apoyo al análisis cualitativo, sin fines inferenciales.

La población estuvo conformada por estudiantes de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac (UNAMBA). La muestra estuvo integrada por 63 estudiantes, seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, sin pretensión de representatividad estadística. Asimismo, se entrevistó a especialistas de Ingeniería Agroindustrial y Ciencias Políticas, seleccionados de forma intencional según su experiencia.

Se aplicó un cuestionario estructurado, una guía de entrevista semiestructurada y una matriz de análisis documental, los cuales fueron validados mediante juicio de expertos. El análisis documental permitió contextualizar la información con fuentes académicas e institucionales relevantes[14].

Los datos cuantitativos se procesaron en Microsoft Excel 2021 mediante tablas de frecuencia. La información cualitativa se analizó mediante análisis de contenido, a través de un proceso de codificación y categorización, organizando los hallazgos en torno a las dimensiones del estudio. La investigación respetó los principios éticos de participación voluntaria y confidencialidad.

3 Resultados

Conocimiento y valor social de la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) en los estudiantes de la UNAMBA- 2025 II

En esta sección se analiza el grado de conocimiento y la valoración que los estudiantes de la UNAMBA tienen sobre la mashua. Se consideran aspectos como su reconocimiento, la percepción de sus beneficios nutricionales y el apoyo a políticas que fomenten su producción y consumo.

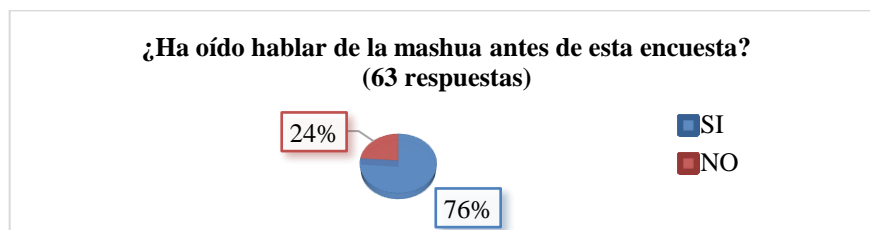


Figura 1. Conocimiento sobre la mashua (*Tropaeolum tuberosum*).

En la Figura 1, se muestra que del total de 63 encuestados, el 76,2 % indicó haber oído hablar de la mashua, mientras que el 23,8 % manifestó no conocerla.

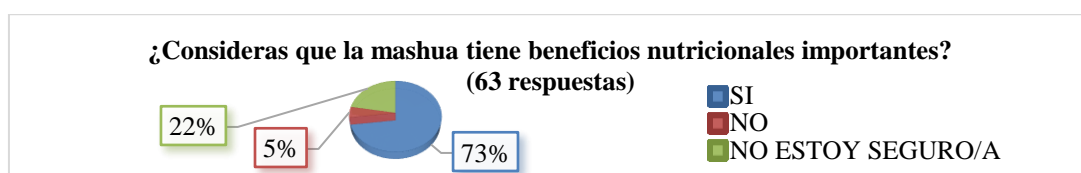


Figura 2. Percepción sobre los beneficios nutricionales de la mashua (*Tropaeolum tuberosum*).

Los resultados de la Figura 2, muestran que el 73 % de los 63 encuestados reconoce los beneficios nutricionales de la mashua, el 22,2 % no está seguro y el 4,8 % considera que no los tiene.

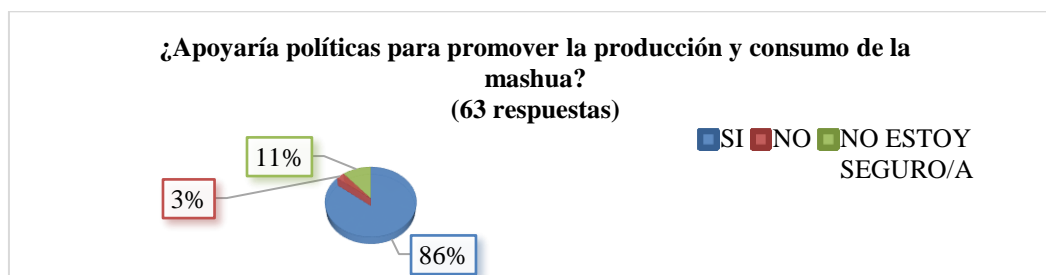


Figura 3. Apoyo a políticas para promover la producción y consumo de la mashua (*Tropaeolum tuberosum*).

En la Figura 3, muestran que del total de 63 encuestados, el 85,7 % manifestó su apoyo a las políticas que promueven la producción y consumo de la mashua, el 11,1 % no estuvo seguro y el 3,2 % no las respaldaría.

Opiniones de especialistas agroindustriales sobre potenciales y limitaciones, UNAMBA- 2025 II

Se presentan las perspectivas de especialistas en agroindustria sobre el potencial de la mashua como producto agroindustrial, sus limitaciones técnicas y los retos para su valorización. Además, se evalúa cómo su revalorización podría contribuir al fortalecimiento de la producción local y al desarrollo de políticas sostenibles.

Tabla 1. Sistematización de la entrevista al Ingeniero agroindustrial Luis Antonio Pillaca Vilca.

Preguntas	Respuestas
¿Cuál es su percepción sobre el potencial de la mashua como un producto agroindustrial?	La mashua es un recurso agroindustrial con alto potencial nutricional y medicinal, ideal para desarrollar alimentos funcionales y nutraceuticos.
¿Qué desafíos técnicos considera que enfrenta la revalorización de la mashua en la actualidad?	La mashua presenta limitaciones técnicas y baja tecnificación que reducen su aprovechamiento agroindustrial. Es necesario impulsar la investigación, la innovación y el apoyo institucional para lograr su revalorización sostenible en Apurímac.
Desde un enfoque agroindustrial, ¿de qué manera la revalorización de la mashua podría contribuir al fortalecimiento de la identidad productiva local y a la formulación de políticas sostenibles en el sector agrario?	La revalorización de la mashua ofrece una oportunidad para fortalecer la identidad productiva local y fomentar un desarrollo sostenible. Su transformación en productos funcionales puede generar valor agregado, empleo rural y políticas orientadas a la conservación e innovación agroindustrial.

La Tabla 1 muestra la encuesta al ingeniero agroindustrial Luis Antonio Pillaca, quien destacó el alto potencial agroindustrial de la mashua por su valor nutricional y funcional, aunque señaló limitaciones técnicas y de investigación. También resaltó que su revalorización puede fortalecer la identidad productiva local, la innovación tecnológica y las políticas sostenibles en Apurímac.

Tabla 2. Sistematización de la entrevista al Ingeniero agroindustrial Jinmer Bravo Apaza

Preguntas	Respuestas
¿Cuál es su percepción sobre el potencial de la mashua como un producto agroindustrial?	Alto contenido de compuestos bioactivos y polifenoles y reducido valor agregado, técnico y científico

¿Qué desafíos técnicos considera que enfrenta la revalorización de la mashua en la actualidad?

Información por parte de la población que demande respecto su valor nutricional, su importancia y potencial de compuestos bioactivos

Desde un enfoque agroindustrial, ¿De qué manera la revalorización de la mashua podría contribuir al fortalecimiento de la identidad productiva local y a la formulación de políticas sostenibles en el sector agrario?

En principio realizar investigación sobre el producto, relacionar con la nutrición, salud, etc de los consumidores; plantear políticas agrarias desde gobiernos locales

La Tabla 2 muestra la respuesta del ingeniero agroindustrial Jinmer Bravo Apaza, quien destacó el potencial de la mashua por su contenido de compuestos bioactivos, pero señaló su bajo valor agregado y la falta de difusión sobre sus beneficios. Enfatizó la necesidad de más investigaciones y políticas agrarias que impulsen su aprovechamiento sostenible.

Tabla 3. Sistematización de la entrevista al Ingeniero agroindustrial Saúl Moreano Carrasco

Preguntas	Respuestas
¿Cuál es su percepción sobre el potencial de la mashua como un producto agroindustrial?	La mashua posee propiedades nutricionales y medicinales, además de resistencia natural a plagas, lo que la convierte en un cultivo con alto potencial para generar productos de valor agregado como harinas, cápsulas y bebidas funcionales
¿Qué desafíos técnicos considera que enfrenta la revalorización de la mashua en la actualidad?	Es fundamental caracterizar la materia prima mediante investigaciones que identifiquen sus componentes y posibles aplicaciones agroindustriales.
Desde un enfoque agroindustrial, ¿de qué manera la revalorización de la mashua podría contribuir al fortalecimiento de la identidad productiva local y a la formulación de políticas sostenibles en el sector agrario?	En las comunidades altoandinas existe una producción considerable de mashua, aunque su consumo es limitado por desconocimiento y características organolépticas. Su transformación y valorización podrían aumentar la aceptación del producto y mejorar los ingresos de los productores locales.

La Tabla 3 muestra la respuesta del ingeniero agroindustrial Saúl Moreano Carrasco, quien resaltó el potencial de la mashua por sus propiedades nutricionales, medicinales y su resistencia a plagas. Destacó la necesidad de investigaciones que definan sus componentes y aplicaciones, así como su transformación para aumentar la aceptación y los ingresos de los productores altoandinos.

Percepción de politólogos sobre políticas públicas, UNAMBA- 2025 II

Se exponen las opiniones de politólogos respecto al papel de las políticas públicas en la revalorización de la mashua. Se destacan los principales obstáculos institucionales y las estrategias propuestas para promover su producción, comercialización y consumo, asegurando su reconocimiento cultural y fortaleciendo la cadena de valor.

Tabla 4. Sistematización de la entrevista a la Doctora en Ciencias de la Educación Rosmery S. Pozo.

Preguntas	Respuestas
¿Cómo percibe el papel de las políticas públicas en los procesos de revalorización de productos andinos, específicamente en el caso de la mashua?	Las políticas públicas cumplen un papel clave, pero aún insuficiente, en la revalorización de la mashua. Aunque existen programas como el PNIA o Agroideas, la falta de articulación entre el conocimiento científico y los saberes tradicionales, así como la ausencia de continuidad institucional, limita su impacto. A diferencia del caso exitoso de la papa, la mashua requiere una política integral que combine identidad cultural, soberanía alimentaria y sostenibilidad ambiental.

¿Qué tipo de incentivos o políticas públicas considera que podrían ser más eficaces para fomentar la producción, comercialización y consumo de la mashua?

Se propone diseñar incentivos centrados en las necesidades de los productores locales, como el apoyo técnico, el financiamiento a asociaciones campesinas y el acceso a mercados formales. También se sugiere incluir la mashua en programas sociales (como Qali Warma o los comedores universitarios) y desarrollar campañas que promuevan su consumo. Además, el reconocimiento de denominaciones de origen y sellos de producto ancestral contribuiría a su posicionamiento comercial, respetando su valor cultural.

¿Cuáles considera que son los principales obstáculos institucionales o políticos que limitan la revalorización de la mashua en las agendas públicas?

Los principales obstáculos son la falta de coordinación intergubernamental, la escasa continuidad de las políticas agrarias y la débil priorización de los cultivos andinos en las agendas públicas. Asimismo, existen limitaciones técnicas y presupuestarias en los gobiernos locales, así como dificultades de formalización para las organizaciones campesinas. No obstante, algunas experiencias locales muestran avances cuando el Estado, la academia y las comunidades colaboran, evidenciando que la revalorización de la mashua exige una gestión articulada, participativa y culturalmente sensible.

En la Tabla 4, se indica que las políticas públicas siguen siendo insuficientes por la falta de continuidad y articulación con los saberes tradicionales. Propuso incentivos como apoyo técnico, financiero e inclusión en programas sociales. Identificó como obstáculos la débil coordinación institucional y la baja prioridad a los cultivos andinos, aunque reconoció avances locales. Concluyó que la revalorización sostenible de la mashua requiere la unión del Estado, la academia y las comunidades.

Tabla 5. Sistematización de la entrevista a la Politóloga Yajaira Warthon Quintanilla.

Preguntas	Respuestas
¿Cómo percibe el papel de las políticas públicas en los procesos de revalorización de productos andinos, específicamente en el caso de la mashua?	Las políticas públicas cumplen un rol esencial en la revalorización de la mashua, al impulsar su reconocimiento cultural, nutricional y económico; sin embargo, aún no son suficientes. Falta una estrategia integral que articule la investigación científica, la innovación tecnológica y campañas de promoción que consoliden su consumo y valor tanto en el mercado nacional como internacional.
¿Qué tipo de incentivos o políticas públicas considera que podrían ser más eficaces para fomentar la producción, comercialización y consumo de la mashua?	Los incentivos más eficaces serían aquellos que brinden apoyo directo a los productores mediante créditos agrícolas, asistencia técnica y programas de compra estatal. Asimismo, se propone incluir la mashua en programas de alimentación, realizar campañas de difusión sobre sus beneficios y promover sellos de calidad y denominación de origen, junto con la participación de las universidades para desarrollar productos derivados y ampliar su mercado.
¿Cuáles considera que son los principales obstáculos institucionales o políticos que limitan la revalorización de la mashua en las agendas públicas?	Los principales obstáculos radican en la prioridad otorgada a cultivos de exportación, la débil articulación entre actores locales y la falta de coordinación institucional. Además, la escasa inversión en investigación, la limitada difusión de sus propiedades y la ausencia de políticas sostenidas de mercado interno impiden consolidar la revalorización de la mashua en las agendas públicas.

En la Tabla 5, se señala que las políticas públicas son clave para revalorizar la mashua, pero aún son insuficientes por falta de una estrategia integral. Propuso incentivos como apoyo económico, asistencia técnica e inclusión en programas estatales, además de campañas y sellos de calidad. Identificó como obstáculos la prioridad a cultivos de exportación, la débil articulación institucional y la escasa inversión en investigación, concluyendo que se necesitan políticas sostenidas que fortalezcan su cadena de valor.

Tabla 6. Sistematización de la entrevista al Politólogo Jack Leonard Ayala Quispe.

Preguntas	Respuestas
¿Cómo percibe el papel de las políticas públicas en los procesos de revalorización de productos andinos, específicamente en el caso de la mashua?	Una interesante iniciativa, puesto que se recupera aspectos culturales milenarios mediante el Estado.
¿Qué tipo de incentivos o políticas públicas considera que podrían ser más eficaces para fomentar la producción, comercialización y consumo de la mashua?	Garantizar un mercado interno, es decir, promoviendo la comercialización desde el pequeño productor, por otro lado, también enfatizar en el consumidor, puesto que, se desconoce las bondades que posee la mashua.
¿Cuáles considera que son los principales obstáculos institucionales o políticos que limitan la revalorización de la mashua en las agendas públicas?	Su importancia y el conocimiento de mashua, además de que haya dentro de la agenda pública iniciativas que garanticen dicho impulso de políticas.

En la Tabla 6, se indico que las políticas públicas son clave para revalorizar la mashua y rescatar prácticas ancestrales, pero deben fortalecerse los incentivos para su producción, comercialización y difusión de sus beneficios. Señaló como principales obstáculos el poco conocimiento sobre su valor y la limitada presencia del tema en las agendas públicas.

4 Discusiones Conclusiones

4.1 Discusiones

Los resultados evidencian que el 76,2 % de los estudiantes conoce la mashua y que el 73 % reconoce sus beneficios nutricionales, lo cual coincide con la literatura científica que destaca su alto contenido de compuestos bioactivos, como fenoles, glucosinolatos y carotenoides, asociados a propiedades funcionales y antioxidantes [15]. Asimismo, el 85,7 % de los encuestados respalda políticas para promover su producción y consumo, lo que es coherente con estudios que señalan que variedades como la mashua negra conservan su actividad bioactiva incluso después del procesamiento, facilitando su incorporación en productos funcionales [16].

Desde la perspectiva de los especialistas agroindustriales y politólogos, la mashua posee un alto potencial productivo, nutricional y cultural, pero enfrenta limitaciones estructurales como la escasa investigación aplicada, la baja industrialización y la débil continuidad institucional. Esta situación se evidencia en la brecha de priorización estatal, ya que, mientras programas públicos han beneficiado a más de 11 000 familias, recuperado 226 variedades nativas y promovido la conservación de la agrobiodiversidad en más de 6 000 hectáreas, la mashua no figura de manera destacada entre los cultivos estratégicos priorizados por el Estado [8][17]. En este sentido, la falta de articulación entre el Estado, la academia y las comunidades locales limita su incorporación efectiva en políticas públicas orientadas al desarrollo rural y la seguridad alimentaria.

4.2 Conclusiones

Se concluye que la mashua cuenta con una percepción social mayoritariamente favorable y con respaldo a nivel discursivo para su revalorización; sin embargo, este reconocimiento no se traduce aún en una priorización política efectiva ni en un aprovechamiento agroindustrial sostenible. La revalorización de la mashua requiere articular el interés social, el fortalecimiento científico y un compromiso político continuo, mediante políticas públicas sostenidas, incentivos económicos, apoyo técnico y estrategias de difusión que permitan posicionar este cultivo andino dentro de las agendas de desarrollo rural y agrobiodiversidad en el Perú.

5 Referencias

- [1] D. Yopez Ccama y L. A. Tumpay Sucno, “Guía de manejo agronómico de mashua para conservación ex situ”, Lima, mar. 2023. Consultado: el 22 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.inia.gob.pe/>
- [2] D. Arteaga-Cano, L. Chacón-Calvo, V. Samamé-Herrera, D. Valverde-Cerna, y L. M. Paucar-Menacho, “Mashua (*Tropaeolum tuberosum*): Composición nutricional, características químicas, compuestos bioactivos y propiedades beneficiosas para la salud”, *Agroindustrial Science*, vol. 12, núm. 1, pp. 95–101, abr. 2022, doi: 10.17268/agroind.sci.2022.01.12.
- [3] PPD- Programa Pequeñas Donaciones del FMAM, “El poder de la mashua – Sistematización del proyecto”. Consultado: el 29 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.ppdperu.org/>
- [4] PREDES- Centro de Estudios y Prevención de Desastres, “Acciones de oca, olluco y mashua facilitados por Inia son cosechadas y distribuidas para la recuperación de semillas”, el 11 de mayo de 2022. Consultado: el 29 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://predes.org.pe/>
- [5] “El Gobierno de Perú y la ONU mejoran las condiciones de trabajo de los productores de quinua mediante un programa del Fondo ODS | Sustainable Development Goals Fund”. Consultado: el 1 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.sdgfund.org/es/>
- [6] “DECRETO SUPREMO N° 006-2008-MIMDES - Autorizan excepcionalmente al PRONAA a adquirir papa, papa seca y chuño directamente a los pequeños productores a nivel nacional - vLex Perú”. Consultado: el 1 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://vlex.com.pe/>
- [7] “Qali Warma entregó más de 743 toneladas de quinua para el consumo de 768 911 escolares de Lima Metropolitana, Callao y Cañete - Noticias - Programa Nacional de Alimentación Escolar Comunitaria Wasi Mikuna - Plataforma del Estado Peruano”. Consultado: el 1 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/wasimikuna/>
- [8] “Minam fortalece conservación de agrobiodiversidad y recupera 200 productos nativos | Noticias | Agencia Peruana de Noticias Andina”, *Andina*, octubre de 2024. Consultado: el 30 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://andina.pe/agencia/>
- [9] “Gobierno lanza proyecto ProQuinua que beneficiará a más de 1400 productores de granos andinos en Puno - Noticias - Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - Plataforma del Estado Peruano”. Consultado: el 1 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/midagri>
- [10] M. C. Pizarro Cahuana, L. A. Avalos Rozas, y L. F. Pérez Falcón, “Elaboración de tallarines con adición de harina de Mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y extracto de betarraga (*Beta vulgaris*)”, *Micaela Revista de Investigación - UNAMBA*, vol. 6, núm. 1, pp. 8–14, dic. 2024, doi: 10.57166/MICAELA.V6.N1.2025.170.
- [11] T. Echarri y A. Gustavo, “Elaboración de una bebida funcional a base de Mashua Negra (*Tropaeolum tuberosum*) con adición de extracto de maracuyá y enriquecida con colágeno hidrolizado y edulcorada con Estevia (*Stevia rebaudiana*)”, el 3 de noviembre de 2022, *Universidad Católica de Santa María*. Consultado: el 27 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/12504>
- [12] N. H. García Gutierrez, E. T. Gonzales Gamonal, R. Leyva Chavarri, V. Lopez Lopez, y S. Z. J. Brian, “Elaboración y comercialización de tortillas a base de harina de mashua enriquecidas con cushuro en sus presentaciones chía y linaza”, 2023, *Universidad San Ignacio de Loyola*. Consultado: el 27 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14005/13591>
- [13] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, y M. D. P. Baptista Lucio, “Metodología de la investigación”, *Metodología de la investigación*, p. 91, 2014, Consultado: el 30 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>
- [14] U. Flick, “El Diseño Investigación Cualitativa”, *Ediciones Morata*, p. 45, 2015, Consultado: el 30 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://www.marcialpons.es/>
- [15] D. A. Jacobo-Velázquez, G. Peña-Rojas, L. E. Paredes-Avila, V. Andía-Ayme, A. M. Torres-Contreras, y O. Herrera-Calderon, “Phytochemical Characterization of Twenty-Seven Peruvian Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón) Morphotypes and the Effect of Postharvest Methyl Jasmonate Application on the Accumulation of Antioxidants”, *Horticulturae* 2022, Vol. 8, Page 471, vol. 8, núm. 6, p. 471, may 2022, doi: 10.3390/HORTICULTURAE8060471.
- [16] O. Feliciano-Muñoz et al., “Identificación de los principios activos de la mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y el efecto del proceso de elaboración de una bebida mix de mashua con piña”, *Ingeniería Industrial*, vol. 40, núm. 40, pp. 171–190, jun. 2021, doi: 10.26439/ING.IND2021.N40.5150.
- [17] “MINAGRI protege más de 1500 variedades de cultivos nativos en dos zonas de agrobiodiversidad - Noticias - Programa Nacional de Innovación Agraria - Plataforma del Estado Peruano”. Consultado: el 30 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/pnia>



Revista Micaela

ISSN: 2955-8646 (en línea) / 2709-8990 (Impresa)
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
Vice Rectorado de Investigación – Perú

Vol. 6 Num. 2 (2025) - Publicado: 18/12/25
<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025>
Páginas: 40 - 49

Recibido 24/11/2025; Aceptado 16/12/2025

<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025.186>

Edición Especial: Cosmovisión Andina – 2025

Autores:

1. **ORCID ID** <https://orcid.org/0009-0006-3100-2916> Liz Avelina Avalos Rozas, Estudiante de Pregrado de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 21269@unamba.edu.pe
2. **ORCID ID** <https://orcid.org/0009-0002-2562-8200> Liz Mery Mendieta Navío, Estudiante de Pregrado de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 201194@unamba.edu.pe
3. **ORCID ID** <https://orcid.org/0009-0005-5449-6923> Carlos Daniel Huachllanqui Olivera, Estudiante de Pregrado de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 221166@unamba.edu.pe.
4. **ORCID ID** <https://orcid.org/0009-0002-7078-3779> Suimer Pareja Ramos, docente de la Universidad Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. spa-reja@unamba.edu.pe

Optimización mediante la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM) para la formulación de una bebida funcional a base de lactosuero, durazno (*Prunus persica*) y polen de abeja

Optimization using Response Surface Methodology (RSM) for the formulation of a functional beverage based on whey, peach (*Prunus persica*) and bee pollen

Liz Avelina Avalos Rozas¹ y Liz Mery Mendieta Navío² y Carlos Daniel Huachllanqui Olivera³ y Suimer Pareja Ramos⁴

Resumen. Este proyecto de investigación que fue presentado para el concurso FERCYT en la categoría póster científico, busca desarrollar una innovadora bebida funcional a base de lactosuero, durazno (*Prunus persica*) y polen de abeja, aprovechando el alto valor nutricional y los compuestos bioactivos de estos ingredientes. El objetivo es optimizar la formulación del producto mediante la aplicación de la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM), determinando la combinación ideal que maximice las propiedades nutricionales y sensoriales. La investigación es de tipo aplicada y experimental, con un enfoque explicativo, orientado a evaluar la influencia de las proporciones de lactosuero, durazno y polen de abeja sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de la bebida. Se utiliza un diseño Box-Behnken con tres factores y quince formulaciones experimentales. Las variables de respuesta consideradas son pH, acidez, °Brix y aceptación general, procesadas mediante el software Statgraphics XVII, que permite ajustar modelos polinomiales de segundo orden y determinar las condiciones óptimas de formulación.

Palabras Clave: Bebida funcional, lactosuero, durazno, polen de abeja, RSM.

Abstract. This research project, submitted to the FERCYT competition in the scientific poster category, aims to develop an innovative functional beverage based on whey, peach (*Prunus persica*), and bee pollen, leveraging the high nutritional value and bioactive compounds of these ingredients. The objective is to optimize the product formulation by applying Response Surface Methodology (RSM), determining the ideal combination that maximizes nutritional and sensory properties. The research is applied and experimental, with an explanatory approach, focused on evaluating the influence of the proportions of whey, peach, and bee pollen on the beverage's physicochemical and sensory characteristics. A Box-Behnken design with three factors and fifteen experimental formulations was used. The response variables considered were pH, acidity, °Brix, and overall consumer acceptance, processed using Statgraphics XVII software, which allows for fitting second-order polynomial models and determining the optimal formulation conditions.

Keywords: Functional beverage, whey, peach, bee pollen, RSM.



1. Introducción

La investigación titulada “Optimización por Metodología de Superficie de Respuesta (RSM) para la formulación de una bebida funcional a base de lactosuero, durazno (*Prunus persica*) y polen de abeja” tiene como objetivo desarrollar una bebida funcional que aproveche el valor nutricional del lactosuero y los compuestos bioactivos del durazno y el polen de abeja. En este contexto, el objetivo general de la investigación es optimizar la formulación de la bebida funcional mediante la aplicación de la Metodología de Superficie de Respuesta, con el fin de maximizar su calidad nutricional y su aceptabilidad sensorial. Mediante la aplicación de la Metodología de Superficie de Respuesta se busca determinar la combinación óptima de ingredientes que maximice la calidad nutricional y la aceptación sensorial del producto. Esta investigación se realizará en la región de Apurímac, provincia de Abancay, los análisis de pH, acidez, °brix, y análisis sensorial se realizarán en los laboratorios de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

El propósito para la optimización en la formulación de la bebida funcional se debe al consumo abundante de productos azucarados con bajo valor nutricional, que por lo general es popular en jóvenes, esto puede llevar a problemas de salud como la obesidad, diabetes tipo 2 y deficiencias nutricionales [1]. En el 2024 se registró que un 62% de la población peruana mayor de 15 años presentó un exceso de peso, la desnutrición crónica infantil podría haber alcanzado el 12.2% en el primer trimestre del año, y un 36.5% de la población no tendría una ingesta calórica mínima adecuada. Por otro lado, las proyecciones indican que los casos de diabetes superarían los 1.7 millones de personas [2]. En la actualidad se ha observado un creciente interés en el desarrollo de alimentos y bebidas funcionales que no solo satisfagan las necesidades nutricionales, sino también que brinden beneficios adicionales para la salud.

En el mundo se desechan alrededor de 4 a 11 millones de toneladas de subproducto lácteo (mayormente suero), representando una amenaza a la salud humana, a la biodiversidad y al ecosistema en general [3]. En Perú, la producción de queso en 2022 alcanzó 145.765 toneladas, generando más de un millón de toneladas de lactosuero como subproducto [4]. Por otro lado, en regiones productoras de lácteos como Apurímac, el lactosuero suele ser desechado, a pesar de su alto potencial de aprovechamiento como ingrediente funcional y fuente de nutrientes valiosos.

El lactosuero es una fuente rica en proteínas, vitaminas y minerales con efectos positivos sobre la digestión y el sistema inmunológico [5]. El polen de abeja aporta propiedades antioxidantes, inmunoestimulantes y nutricionales, aunque presenta desafíos sensoriales y tecnológicos en su aplicación [6]. Por su parte, el durazno, rico en vitaminas A y C y fibra dietética [7], destaca por su sabor dulce y refrescante, lo que lo convierte en un ingrediente ideal para bebidas funcionales. En la investigación de [8] titulada Optimización de la Bebida Funcional a Partir de Aguaymanto (*Physalis Peruviana*) y Mashua Amarilla (*Tropaeolum Tuberosum*) Utilizando el Método de Superficie de Respuesta, con el objetivo de Optimizar una bebida funcional a partir de aguaymanto y mashua amarilla utilizando el método de superficie de respuesta utilizando un diseño factorial 2², con 2 puntos centrales y 4 axiales. Se evaluaron formulaciones variando los porcentajes de mashua (30–40%) y aguaymanto (50–60%), completando con agua. El análisis sensorial, aplicado a consumidores mediante escala hedónica de nueve puntos, permitió identificar las formulaciones con mejor aceptación. Los parámetros fisicoquímicos obtenidos fueron °Brix entre 12–13, acidez de 0,15–0,80% y pH de 3,5–4,5. La bebida óptima se alcanzó con 336 g de mashua y 504 g de aguaymanto, con valores de °Brix 12,3, acidez 0,54, pH 4,0 y una deseabilidad global de 0,984, destacando por su contenido en vitamina C (15,4 mg/100g), compuestos fenólicos (18,2 mg GAE/100g) y carotenoides totales (0,2 mg/100g).

El desarrollo y optimización de una bebida funcional a base de lactosuero, durazno y polen de abeja representa un desafío en cuanto al ajuste adecuado de proporciones, la mejora de sus propiedades nutricionales y sensoriales, así como la aceptación general del producto final. Se espera que la aplicación de la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM) permita obtener una formulación con alto valor nutricional y buena aceptabilidad sensorial, logrando maximizar simultáneamente las características funcionales y organolépticas de la bebida.

En ese sentido, la presente investigación plantea como objetivos específicos: (a) evaluar el efecto de las proporciones de lactosuero, durazno y polen de abeja sobre las características fisicoquímicas de la bebida funcional; (b) analizar la influencia de dichas proporciones sobre los atributos sensoriales de sabor, acidez y aceptación general; y (c) ajustar un modelo matemático de segundo orden mediante la Metodología de Superficie de Respuesta que permita identificar la combinación óptima de los ingredientes.

Finalmente, se plantea como hipótesis de investigación que la aplicación de la Metodología de Superficie de Respuesta permitirá identificar una formulación óptima de lactosuero, durazno y polen de abeja que mejore significativamente las propiedades nutricionales y sensoriales de la bebida funcional, logrando una alta aceptabilidad por parte de los consumidores.

1.1. Bebidas funcionales y aprovechamiento de lactosuero

Las bebidas funcionales son productos sin alcohol formulados con ingredientes como frutas, hierbas, vitaminas, minerales, aminoácidos y otros compuestos bioactivos, considerados una fuente eficaz para el suministro de nutrientes y sustancias beneficiosas para la salud, entre ellas vitaminas, minerales, antioxidantes, ácidos grasos ω -3, extractos de plantas, fibra, prebióticos y probióticos [9]. Este tipo de bebidas contribuye al fortalecimiento del sistema inmunitario, la mejora de la salud intestinal y cardiovascular, así como al control de la digestión y del peso corporal [10].

En este contexto, el lactosuero se presenta como un ingrediente de alto valor nutricional y funcional, cuyo aprovechamiento permite desarrollar productos innovadores dentro del mercado de bebidas funcionales. Este subproducto de la industria láctea contiene lactosa, grasas, proteínas de elevado valor biológico, minerales y vitaminas, destacando sus propiedades tecno-funcionales y nutraceuticas [11]. Además, su incorporación en formulaciones alimentarias ofrece una alternativa sostenible y económica, al tiempo que contribuye a diversificar los productos derivados del sector lácteo.

1.2. Componentes bioactivos del durazno

El durazno (*Prunus persica*) contiene diversos componentes bioactivos como carotenoides (principalmente criptoxantina), antocianinas, vitamina C y polifenoles, los cuales le confieren un alto valor funcional por su capacidad antioxidante y antiinflamatoria. Estos compuestos ayudan a reducir el estrés oxidativo, retrasar el envejecimiento celular y fortalecer el sistema inmunológico. Además, la presencia de vitamina C y potasio contribuye al crecimiento y desarrollo del organismo, favoreciendo la regeneración celular y la prevención de enfermedades respiratorias [12].

Tabla 1. Composición nutricional del durazno

Componente	100 g de durazno
Carbohidratos	9.9 g
Fibra	1.5 g
Proteína	0.9 g
Vitamina A	326 UI
Vitamina C	6.6 mg
Potasio	190 mg
Calcio	6 mg
Hierro	0.3 mg
Zinc	0.2 mg
Zinc	0.2 mg

Fuente: Cuadro adaptado de [13]

1.3. Valor nutricional del polen de abeja

El polen, recolectado por las abejas y mezclado con su saliva, néctar y miel, es una fuente de nutrientes esenciales, incluyendo proteínas, aminoácidos, lípidos, vitaminas y minerales. La miel, a su vez, es un alimento dulce y energético producido por las abejas a partir del néctar de las flores [14]. El polen de abeja, aunque menos común que la miel, es un nutriente rico en proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas, enzimas y compuestos fenólicos. Contiene diversos flavonoides como quercetina, naringenina, kaempferol y otros. Su composición incluye aproximadamente 37% de proteína, 51% de carbohidratos, 1% de vitaminas, 8% de lípidos y 3% de compuestos fenólicos [15].

1.4. Metodología RSM como herramienta de optimización

La Metodología de Superficie de Respuesta RSM es un conjunto de técnicas estadísticas y matemáticas para desarrollar experimentos, ajustar modelos empíricos (polinomios de segundo grado, por lo general) y encontrar las condiciones óptimas de un proceso o formulación en el que muchas variables independientes afectan una o más variables de respuesta [16].

Utilizamos esta metodología ya que nos permite modelar las interacciones y curvaturas entre lactosuero, durazno y polen de abeja, RSM estima interacciones $x_i x_j$ y términos cuadráticos x_i^2 , permitiendo encontrar óptimos interiores del espacio experimental, no sólo extremos [17]. La eficiencia experimental de los diseños RSM y diseños de mezcla reducen drásticamente el número de corridas necesarias comparado con un barrido factorial completo, lo que ahorra tiempo y materiales (crucial para ensayos sensoriales costosos) [18].

Un estudio presentado por Ishiwu, C.N, muestra la comparación entre la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM) con otros métodos estadísticos como el Diseño Factorial Completo (DCC) y los Métodos de Taguchi, Mencionando que RSM frente a otras metodologías reduce el número de experimentos necesarios para encontrar la combinación óptima de ingredientes, sin perder precisión en los resultados, además se precisa que los modelos generados por RSM permiten predecir respuestas con alta exactitud, incluso antes de realizar pruebas físicas o de laboratorio, Asimismo se determinó que el Diseño de Box-Behnken fue el más apropiado dentro de los tipos de diseño RSM, ya que este diseño se aplica cuando se tienen tres o más factores, y en nuestra investigación tenemos tres factores (Lactosuero, Pulpa de Durazno y polen de abeja) [19].

Así como ellos, existen otros métodos con los cuales se compara la RSM, como Uno-factor-a-la-vez en el cual se ignora interacciones y requiere muchos más ensayos, Búsqueda heurística / prueba y error el cual es ineficiente y no formalmente reproducible, Modelos ML puros (sin DOE) que pueden predecir bien con muchos datos, pero necesitan gran cantidad de experimentos bien distribuidos; además, son menos interpretables. RSM + ML híbrido suele combinar lo mejor de ambos mundos [20].

1.5. Enfoque computacional y modelado experimental

La Metodología de Superficie de Respuesta (RSM) requiere de un enfoque estadístico y computacional robusto que permita procesar, analizar y visualizar los datos experimentales para obtener modelos predictivos de alta precisión. En este sentido, la integración de herramientas informáticas en la optimización de formulaciones alimentarias ha demostrado ser esencial para reducir los tiempos de experimentación, minimizar costos y mejorar la exactitud de las predicciones [21].

Desde la perspectiva Computacional, la aplicación de software estadístico y de modelado matemático, como Design-Expert, Minitab, MATLAB o Python con librerías como statsmodels, scikit-learn y SciPy, permite realizar simulaciones avanzadas de los experimentos, ajustar modelos polinomiales de segundo orden y generar gráficos tridimensionales de superficie y contorno. Estas representaciones visuales facilitan la comprensión de las interacciones entre variables como el porcentaje de lactosuero, pulpa de durazno y polen de abeja, ayudando a determinar la región óptima de formulación [22].

El modelado experimental computacional también permite aplicar algoritmos de optimización multiobjetivo, como la función de deseabilidad global, que combina respuestas nutricionales (por ejemplo, contenido de proteína y compuestos fenólicos) con respuestas sensoriales (color, sabor y textura), generando una solución balanceada entre calidad nutricional y aceptabilidad sensorial. Este tipo de optimización guiada por software supera las limitaciones de los métodos tradicionales de ensayo y error [23].

Además, el uso de enfoques computacionales híbridos, que combinan RSM con redes neuronales artificiales (ANN) o algoritmos genéticos (GA), ha mostrado resultados prometedores en el campo alimentario. Estos modelos permiten refinar las predicciones obtenidas por RSM y explorar espacios experimentales más amplios con mayor eficiencia [24]. Esta integración refuerza el papel de la informática en la innovación alimentaria, al proveer herramientas inteligentes de análisis y predicción.

En el contexto del presente estudio, se propone implementar un modelo computacional basado en RSM mediante Python, empleando los paquetes numpy, pandas y statsmodels para el análisis de datos experimentales, junto con representaciones tridimensionales generadas con matplotlib. Este enfoque permitirá no solo determinar la formulación óptima de la bebida funcional, sino también automatizar el análisis estadístico y la simulación de respuestas bajo diferentes combinaciones de ingredientes, fortaleciendo la reproducibilidad y eficiencia del proceso de optimización.

2. Método

El presente estudio es de tipo aplicado y experimental, ya que busca desarrollar y optimizar la formulación de una bebida funcional a base de lactosuero, durazno (*Prunus persica*) y polen de abeja mediante la aplicación de la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM). La investigación es de nivel explicativo, porque pretende determinar y explicar la influencia de las variables independientes (porcentajes de lactosuero, durazno y polen de abeja) sobre las respuestas sensoriales y fisicoquímicas del producto, con el fin de establecer la combinación óptima de ingredientes que permita obtener una bebida con alto valor nutricional y buena aceptabilidad sensorial.

La población del estudio la constituyen (a) todas las posibles formulaciones factibles de la bebida funcional dentro de los rangos establecidos para lactosuero, durazno y polen de abeja, y (b) los consumidores potenciales del producto en la región objetivo (población general interesada en bebidas funcionales, excluyendo personas con alergia al polen o intolerancia láctea). La muestra se define en dos componentes, formulaciones y panel de consumidores que representa treinta panelistas semientrenados.

La técnica de procesamiento y análisis de datos se realizará a través de la metodología superficie respuesta usando el software Statgraphics XVII. La metodología de Superficie de Respuesta requiere que en cada fase identifiquen los factores significativos, se realice un análisis de adecuación del modelo y se determine la dirección en la cual se encuentran las condiciones óptimas de experimentación [25].

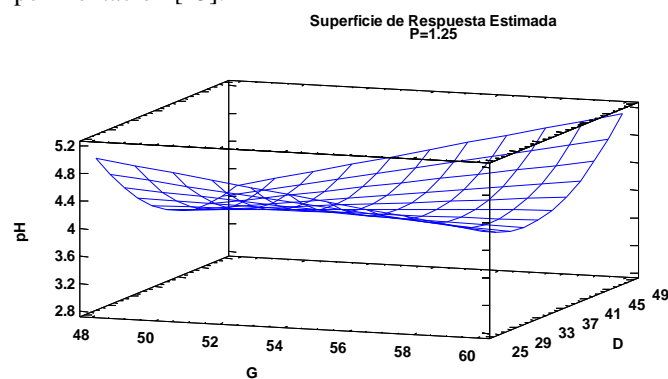


Fig. 1. Gráfico de superficie de respuesta. Adaptado de [25].

El modelo de superficie de respuesta, consistente en la obtención de ecuaciones matemáticas que relacionan las respuestas con los factores, la cual es considerada la ecuación de segundo orden.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^k \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon$$

El diseño Box-Behnken para tres variables (porcentaje de lactosuero, pulpa de durazno y polen de abeja), con el diseño $k=3$ cuenta con 12 puntos mid-edge (laterales) y 3 puntos centrales haciendo un total de 15 ensayos con indicador de respuesta obtenida del resultado del análisis sensorial (pH, acidez, °Brix y aceptación general). Es un diseño rotatable o casi rotatable que se distingue porque no incluye como tratamientos a los vértices de la región experimental.

Su representación geométrica se muestra que los puntos de este diseño se ubican en medio de las aristas del cubo centrado en el origen y, como se había señalado, no incluye los tratamientos de los vértices, como (1, 1, 1) y el (-1, -1, -1) que en algunas situaciones experimentales resultan extremos y no se pueden correr [25].

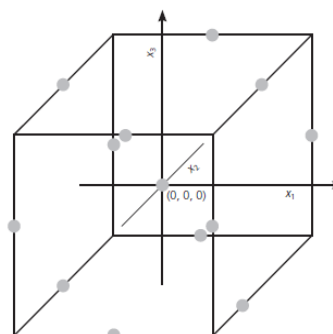


Fig. 2. Representación del diseño de Box-Behnken para tres factores. Tomado de [25].

2.1. Formulaciones del trabajo de investigación

Tabla 2. formulaciones según porcentaje de Lactosuero, Pulpa de durazno y polen de abeja

Formulaciones	Porcentajes		
	Lactosuero (%)	Durazno (%)	Polen de abeja (%)
1	54	36.5	1.25
2	48	25	1.25
3	60	25	1.25
4	48	48	1.25
5	60	48	1.25
6	48	36.5	0.5
7	60	36.5	0.5
8	54	36.5	1.25
9	48	36.5	2
10	60	36.5	2
11	54	25	0.5
12	54	48	0.5
13	54	25	2
14	54	48	2
15	54	36.5	1.25

2.2. Diagrama de flujo de la elaboración de una bebida funcional a base de lactosuero, durazno (*Prunus persica*) y polen de abeja

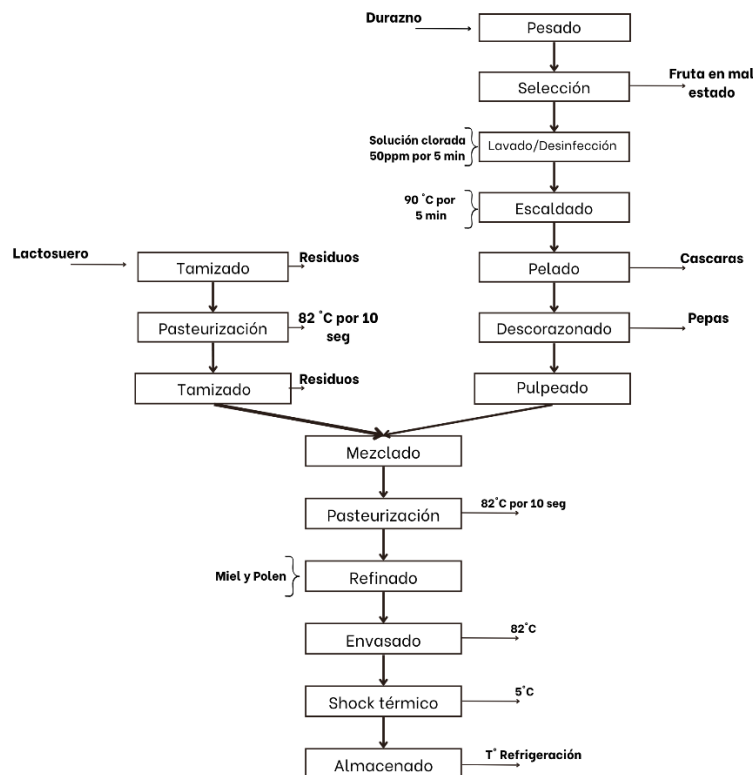


Fig. 3. Diagrama de flujo para la elaboración de la bebida funcional. Elaboración propia.

a) Descripción del proceso de la elaboración

1) Recepción y acondicionamiento de la materia prima

• **Lactosuero**

El lactosuero obtenido será tamizado para eliminar residuos sólidos y se someterá a pasteurización a 82 °C durante 10 segundos con el propósito de reducir la carga microbiana y garantizar su inocuidad. Luego, se realizará un segundo tamizado para retirar posibles partículas o grumos remanentes.

• **Durazno**

Para la preparación del durazno, se pesará la cantidad necesaria, seleccionando frutas en buen estado, las cuales se lavarán y desinfectarán en una solución clorada a 50 ppm durante 5 minutos.

Posteriormente, se escaldarán a 90 °C durante 5 minutos para facilitar el pelado, se retirarán las pepas y se obtendrá la pulpa mediante pulpeado, separando fibra y semillas.

2) Incorporación

En la mezcla, se incorporará el lactosuero pasteurizado con la pulpa de durazno, añadiendo linaza molida para aportar fibra y estabilidad. La mezcla será nuevamente pasteurizada a 82 °C durante 10 segundos, y luego se añadirán la miel y el polen de abeja, refinándola hasta lograr una textura homogénea.

3) Envasado y almacenamiento

Finalmente, en la etapa, el producto se envasará a 82 °C en condiciones asépticas, aplicándose luego un enfriamiento rápido a 5 °C para conservar sus características sensoriales. Los envases serán previamente esterilizados, lavados, y el producto terminado se almacenará en refrigeración a 5 °C hasta su distribución y consumo.

2.3. Determinación de características fisicoquímicas

Para la determinación de los parámetros fisicoquímicos se seguirá una metodología rigurosa que asegura la precisión y confiabilidad de los resultados.

a) Determinación de acidez

El porcentaje de acidez se determina mediante titulación con NaOH (0.1 N de acuerdo con el método AOAC (942.15, 1942), usando la Ecuación:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{V_{NaOH} * N_{NaOH} * E}{m} * 100$$

Donde:

V_{NaOH} = Volumen de gasto del hidróxido de sodio.

N_{NaOH} = Normalidad del hidróxido de sodio.

E= Peso miliequivalente del ácido láctico.

m= Volumen de la muestra.

b) Determinación de pH

Se determina por el método AOAC (981.12, 2005) en el potenciómetro.

c) Determinación del valor de sólidos solubles

Se calculará como °Brix utilizando un refractómetro portátil de acuerdo con el método.

d) Evaluación sensorial

En la escala hedónica de 1 a 5. “Me disgusta” a “me gusta”.

FORMULARIO PARA EVALUACION DE ACEPTABILIDAD DE LA BEBIDA A BASE DE LACTOSUERO CON DURAZNO Y POLEN DE ABEJA

Panelista Nro: _____ Fecha: _____

Sexo : Femenino: Masculino:

INSTRUCCIONES:

- a) Enjuagar su boca con agua antes y después de probar cada muestra.
- b) Tome la muestra completa no repita
- c) Pruebe cada muestra y marque con una (x) solo una de las alternativas de puntuación para describir cada característica de calidad según la escala hedónica

MUESTRA	OLOR					COLOR					SABOR					TEXTURA				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
T1																				
T2																				
T3																				
Comentarios:																				

ESCALA HEDÓNICA

DESCRIPCION	PUNTUACION
Me gusta mucho	5
Me gusta poco	4
Ni me gusta ni me disgusta	3
Me disgusta un poco	2
Me disgusta mucho	1

Muchas gracias por su participación

Fig. 3. Ficha de evaluación sensorial para la bebida funcional de lactosuero, durazno polen de abeja.

3. Referencias

[1] B. M. Popkin y C. Hawkes, «Sweetening of the global diet, particularly beverages: Patterns, trends, and policy responses», *Lancet Diabetes Endocrinol*, vol. 4, n.o 2, pp. 174-186, feb. 2016, doi: 10.1016/S2213-8587(15)00419-2.

[2] I. N. de E. e I. INEI, «Perú: Encuesta Demográfica y de Salud Familiar 2024 - Nacional y Departamental», 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/6813623-peru-encuesta-demografica-y-de-salud-familiar-endes-2024>

[3] M. Lizárraga-Chaidez et al., «El inocente impacto ambiental del suero de la leche», *Epistemus (Sonora)*, vol. 17, n.o 35, pp. 88-97, 2023, doi: 10.36790/EPISTEMUS.V17I35.316.

[4] J. C. León Carrasco, «Producción nacional de quesos alcanzó las 145.765 toneladas en 2022, mostrando un incremento de 15% frente al año previo», *Agencia Agraria de Noticias*, 28 de marzo de 2023. Consultado: 14 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://agraria.pe/noticias/produccion-nacional-de-quesos-alcanzo-las-145-765-toneladas--31289>

[5] C. Alvarado Carrasco y M. Guerra, «Lactosuero como fuente de péptidos bioactivos», *Anales Venezolanos de Nutrición*, vol. 23, n.o 1, pp. 45-50, 2010, Consultado: 29 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522010000100007&lng=es&nrm=iso&tlng=es

[6] B. Denisow y M. Denisow-Pietrzyk, «Biological and therapeutic properties of bee pollen: a review», *J Sci Food Agric*, vol. 96, n.o 13, pp. 4303-4309, oct. 2016, doi: 10.1002/JSFA.7729;WGROU:STRING:PUBLICATION.

[7] C. A. Moreno Mena, «COMPARACIÓN NUTRICIONAL DEL SNACK DE FRUTA DESHIDRATADA DE NARANJA (*Citrus X sinensis*) Y DURAZNO (*Prunus pérsica*)», 2022.

[8] E. K. Contreras Lujan, «OPTIMIZACIÓN DE LA BEBIDA FUNCIONAL A PARTIR DE AGUAYMANTO (*Physalis peruviana*) Y MASHUA AMARILLA (*Tropaeolum tuberosum*) UTILIZANDO EL MÉTODO DE SUPERFICIE DE RESPUESTA», *UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA*, 2019.

[9] R. S. Agrawal, R. C. Ranveer, N. B. Rathod, y N. P. Nirmal, «Phytochemicals as bioactive ingredients for functional foods», *Recent Frontiers of Phytochemicals: Applications in Food, Pharmacy, Cosmetics, and Biotechnology*, pp. 95-108, ene. 2023, doi: 10.1016/B978-0-443-19143-5.00028-1.

[10] L. Fuentes Berrio, D. Acevedo Correa, C. A. Chantré, y V. M. Gelvez Ordoñez, «ALIMENTOS FUNCIONALES: IMPACTO Y RETOS PARA EL DESARROLLO Y BIENESTAR DE LA SOCIEDAD COLOMBIANA», *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. 13, n.o 2, pp. 140-149, 2015, doi: 10.18684/BSAA(13)140-149.

[11] Á. P. Aponte Colmenares et al., «Review. Aplicaciones del lactosuero y sus derivados proteínicos», *Ciencia en Desarrollo*, vol. 14, n.o 2, pp. 139-155, jul. 2023, doi: 10.19053/01217488.V14.N2.2023.15002.

- [12] J. Aguayo-Rojas et al., «Fitoquímicos y propiedades nutraceuticas de durazno (*Prunus persica* L.) cultivado en Zacatecas», *Polibotanica*, vol. 0, n.o 53, pp. 151-166, ene. 2022, doi: 10.18387/POLIBOTANICA.53.10.
- [13] D. J. Pérez Villarroel, «Obtención de una bebida fermentada alcohólica a base de mosto de durazno abridor (*Prunus persica*)», 16 de julio de 2019, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Accedido: 29 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11842>
- [14] T. H. Roulston y J. H. Cane, «Pollen nutritional content and digestibility for animals», *Plant Systematics and Evolution*, vol. 222, n.o 1-4, pp. 187-209, 2000, doi: 10.1007/BF00984102.
- [15] E. W. HERBERT y H. SHIMANUKI, «CHEMICAL COMPOSITION AND NUTRITIVE VALUE OF BEE-COLLECTED AND BEE-STORED POLLEN», *Apidologie*, vol. 9, n.o 1, pp. 33-40, 1978, doi: 10.1051/APIDO:19780103.
- [16] M. Reji y R. Kumar, «Response surface methodology (RSM): An overview to analyze multivariate data», *Indian Journal of Microbiology Research*, vol. 9, n.o 4, pp. 241-248, 2022, doi: 10.18231/J.IJMR.2022.042.
- [17] A. Czyrski y H. Jarzebski, «Response Surface Methodology as a Useful Tool for Evaluation of the Recovery of the Fluoroquinolones from Plasma—The Study on Applicability of Box-Behnken Design, Central Composite Design and Doehlert Design», *Processes* 2020, Vol. 8, Page 473, vol. 8, n.o 4, p. 473, abr. 2020, doi: 10.3390/PR8040473.
- [18] D. Galvan, L. Efftig, H. Cremasco, y C. A. Conte-Junior, «Recent applications of mixture designs in beverages, foods, and pharmaceutical health: A systematic review and meta-analysis», *Foods*, vol. 10, n.o 8, p. 1941, ago. 2021, doi: 10.3390/FOODS10081941/S1.
- [19] M. Wanyonyi, J. W. Kiluyi, y A. A. Okango, «Optimization of a Functional Beverage Formulation Using a Constrained Mixture Design with Multiple Responses», *Asian Journal of Probability and Statistics*, vol. 27, n.o 1, pp. 1-16, ene. 2025, doi: 10.9734/AJPAS/2025/V27I1699.
- [20] A. K. Jha y N. Sit, «Comparison of response surface methodology (RSM) and artificial neural network (ANN) modelling for supercritical fluid extraction of phytochemicals from *Terminalia chebula* pulp and optimization using RSM coupled with desirability function (DF) and geneti...», *Ind Crops Prod*, vol. 170, p. 113769, oct. 2021, doi: 10.1016/J.INDCROP.2021.113769.
- [21] M. A. Bezerra, R. E. Santelli, E. P. Oliveira, L. S. Villar, y L. A. Escalera, «Response surface methodology (RSM) as a tool for optimization in analytical chemistry», *Talanta*, vol. 76, n.o 5, pp. 965-977, sep. 2008, doi: 10.1016/J.TALANTA.2008.05.019.
- [22] D. C. Montgomery, *Design and Analysis of Experiments*, John Wiley & Sons, vol. 106, n.o 11. 2017. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/362079778_Design_and_Analysis_of_Experiments_9th_Edition
- [23] J. Sun, T. Yang, Q. Liu, y Z. Sun, «Optimization of key technology for instant sea cucumber processing through fuzzy evaluation and response surface methodology», *Am J Biochem Biotechnol*, vol. 13, n.o 2, pp. 99-110, 2017, doi: 10.3844/AJBBS.2017.99.110.
- [24] A. K. Jha y N. Sit, «Comparison of response surface methodology (RSM) and artificial neural network (ANN) modelling for supercritical fluid extraction of phytochemicals from *Terminalia chebula* pulp and optimization using RSM coupled with desirability function (DF) and geneti...», *Ind Crops Prod*, vol. 170, oct. 2021, doi: 10.1016/J.INDCROP.2021.113769.
- [25] H. Gutiérrez Pulido y R. de la Vara Salazar, *Análisis y diseño de experimentos*, 3.a ed. 2012. [En línea]. Disponible en: <https://www.facebook.com/pages/Interfase->

4. Anexos

Anexo 1: Poster científico presentado en la feria FERCYT

Optimización mediante la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM) para la formulación de una bebida funcional a base de lactosuero, durazno (Prunus persica) y polen de abeja

Liz Avelina Avalos Rozas, Liz Mery Mendieta Navio y Carlos Daniel Huachllanqui Olivera
Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial e Informática y Sistemas



RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo optimizar la formulación de una bebida funcional elaborada a base de lactosuero, durazno (*Prunus persica*) y polen de abeja, mediante la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM). Se aplicó un diseño experimental Box-Behnken con tres factores (lactosuero, durazno y polen) en tres niveles, obteniendo un total de 15 tratamientos. Las variables de respuesta a evaluar son pH, acidez titulable, sólidos solubles (°Brix) y aceptabilidad sensorial. Los análisis se realizaron con el software Statgraphics XVII, ajustando modelos polinómicos de segundo orden para identificar las interacciones entre los factores y determinar la combinación óptima. Se espera obtener una bebida con alto valor nutricional, propiedades sensoriales equilibradas y aprovechamiento sostenible del lactosuero, contribuyendo al desarrollo de productos funcionales innovadores dentro de la industria alimentaria.

El lactosuero, subproducto del queso, suele desecharse pese a su alto valor nutricional, generando impacto ambiental y desaprovechando un recurso funcional. Frente al consumo de bebidas azucaradas con bajo valor nutritivo, se plantea aprovechar el lactosuero en la formulación de una bebida funcional con durazno y polen de abeja, que aporte beneficios nutricionales y sensoriales.

OBJETIVO

Optimizar la formulación de una bebida funcional a base de lactosuero, durazno (*Prunus persica*) y polen de abeja mediante la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM)

HIPOTESIS

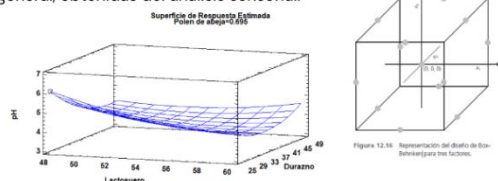
La proporción adecuada de lactosuero, durazno y polen de abeja influye en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la bebida funcional, permitiendo obtener, mediante la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM), una formulación óptima y aceptable para el consumidor.

METODOLOGÍA

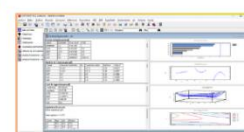
Se aplicará la Metodología de Superficie de Respuesta (MSR) con el software Statgraphics XVII para analizar los resultados y determinar las condiciones óptimas del experimento.

Se utilizó un diseño Box-Behnken con tres factores: porcentaje de lactosuero, pulpa de durazno y polen de abeja, realizando 15 ensayos en total.

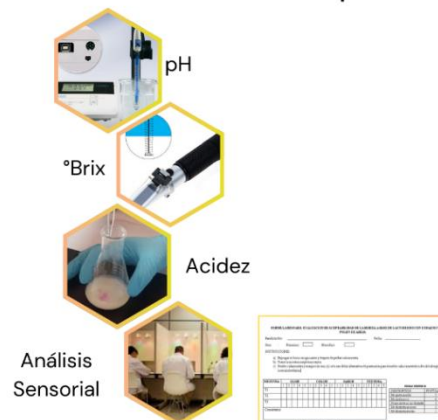
Las variables de respuesta serán pH, acidez, °Brix y aceptación general, obtenidas del análisis sensorial.



Formulaciones	Porcentajes		
	Lactosuero (%)	Durazno (%)	Polen de abeja (%)
1	54	36.5	1.25
2	48	25	1.25
3	60	25	1.25
4	48	48	1.25
5	60	48	1.25
6	48	36.5	0.5
7	60	36.5	0.5
8	54	36.5	1.25
9	48	36.5	2
10	60	36.5	2
11	54	25	0.5
12	54	48	0.5
13	54	25	2
14	54	48	2
15	54	36.5	1.25



Determinación de características fisicoquímicas



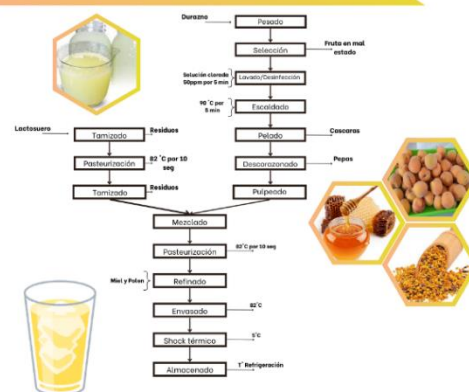
pH

°Brix

Acidez

Análisis Sensorial

PROCEDIMIENTO



AGRADECIMIENTO:





Revista Micaela

ISSN: 2955-8646 (en línea) / 2709-8990 (Impresa)
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
Vice Rectorado de Investigación – Perú

Vol. 6 Num. 2 (2025) - Publicado: 18/12/25
<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025>
Páginas: 50 - 59

Recibido 13/11/2025 ; Aceptado 16/12/2025

<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025.187>

Edición Especial: Cosmovisión Andina – 2025

Autores:

1. **ORCID ID** <https://orcid.org/0009-0004-9354-5137> Royer Elvis Moreano-Condorcuya, estudiante de la Escuela Académica Profesional Ingeniería Informática y Sistemas de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, 1201remec@gmail.com
2. **ORCID ID** <https://orcid.org/0009-0003-6579-1042> Manuel Ángel Ríos-Peña, estudiante de la Escuela Académica Profesional Ingeniería Informática y Sistemas de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, 212135@unamba.edu.pe
3. **ORCID ID** <https://orcid.org/0009-0003-8054-9473> Lizbeth Ríos-Peña, estudiante de la Escuela Académica Profesional Ciencia Política y Gobernabilidad de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, 221351@unamba.edu.pe
4. **ORCID ID** <https://orcid.org/0000-0002-3058-9683> Erech Ordoñez-Ramos, docente del Departamento de Ingeniería Informática y Sistemas de la Universidad Micaela Bastidas de Apurímac, eordonhez@unamba.edu.pe
5. **ORCID ID** <https://orcid.org/0000-0002-0258-8632> Alejandrina Huaylla-Quispe, docente del Departamento de Ingeniería Informática y Sistemas de la Universidad Micaela Bastidas de Apurímac, ahuaylla@unamba.edu.pe

Predicción de exportaciones por departamentos en el Perú mediante modelos de Machine Learning y series temporales

Prediction of exports by department in Peru using Machine Learning models and time series

Royer Elvis Moreano Condorcuya¹, Manuel Ángel Ríos-Peña², Lizbeth Ríos-Peña³, Erech Ordoñez-Ramos⁴ y Alejandrina Huaylla-Quispe⁵

Resumen. Este estudio presentó una aplicación de modelos de machine learning para la predicción de exportaciones por departamentos en el Perú, utilizando datos anuales del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP) entre 2005 y 2022. Se evaluaron los algoritmos CatBoost, XGBoost, Linear Regression y Prophet, comparando su desempeño mediante las métricas MAE, RMSE, MAPE y R². Los resultados evidenciaron que el modelo CatBoost obtuvo un rendimiento superior, con un R² del 96.28 % y un MAE de 32.91 en validación. Le siguió Prophet, que alcanzó un MAPE del 3.75% y un RMSE de 72.15, mostrando alta precisión en series temporales. En contraste, Linear Regression presentó un R² de 82.72 %, lo que reflejó limitaciones para modelar relaciones no lineales. El modelo XGBoost, aunque competitivo, mostró un R² del 91.74 % con un RMSE de 163.58. Asimismo, se desarrolló un prototipo web funcional con Django y React para la visualización de resultados, el cual permitió generar predicciones dinámicas por producto y departamento. En conjunto, los hallazgos demostraron la eficacia del machine learning para el análisis económico regional y la formulación de políticas de exportación basadas en evidencia.

Palabras Clave: Exportaciones, Machine learning, CatBoost, Prophet, Predicción económica.

Abstract. This study presented an application of machine learning models for predicting exports by department in Peru, using annual data from the Central Reserve Bank of Peru (BCRP) between 2005 and 2022. The CatBoost, XGBoost, Linear Regression, and Prophet algorithms were evaluated, comparing their performance using the MAE, RMSE, MAPE, and R² metrics. The results showed that the CatBoost model performed superiorly, with an R² of 96.28% and an MAE of 32.91 in validation. Prophet followed, achieving a MAPE of 3.75% and an RMSE of 72.15, demonstrating high accuracy in time series. In contrast, Linear Regression presented an R² of 82.72%, reflecting limitations in modeling non-linear relationships. The XGBoost model, while competitive, showed an R² of 91.74% with an RMSE of 163.58. Additionally, a functional web prototype was developed using Django and React for visualizing results,

which enabled the generation of dynamic predictions by product and department. Taken together, the findings demonstrated the effectiveness of machine learning for regional economic analysis and the formulation of evidence-based export policies.

Keywords: Exports, Machine learning, CatBoost, Prophet, Economic forecasting

1. Introducción

El comercio exterior constituye uno de los pilares del crecimiento económico del Perú, y su análisis a nivel departamental permite identificar brechas productivas y oportunidades de desarrollo regional. Sin embargo, la alta variabilidad



de los mercados internacionales y la dependencia de sectores primarios dificultan realizar pronósticos precisos de exportaciones. En este contexto, los avances en machine learning y análisis predictivo ofrecen nuevas herramientas para modelar patrones complejos y mejorar la planificación económica.

Diversos estudios internacionales han demostrado la efectividad de estos métodos en la estimación de indicadores de comercio y desempeño logístico. Como demuestra los siguientes estudios realizado en, Croacia, República Checa, Indonesia [1][2][3]. Dichos trabajos coinciden en que los algoritmos de aprendizaje automático superan a los modelos económicos tradicionales al capturar dinámicas multivariadas y comportamientos no lineales en los flujos de exportación. Siguiendo esta línea, el presente estudio propone la aplicación comparativa de cuatro algoritmos CatBoost, XGBoost, Linear Regression y Prophet para predecir las exportaciones departamentales del Perú. El objetivo principal es identificar el modelo más preciso y robusto, que pueda integrarse en un sistema de apoyo a la toma de decisiones para la gestión y promoción de las exportaciones regionales.

2. Antecedentes

En el trabajo de Gulzar et al. [4], se llevó a cabo la estimación de las exportaciones de alta tecnología de Turquía, con el propósito de apoyar su estrategia de crecimiento económico sostenible y orientado a la exportación. Los autores emplearon tres técnicas de machine learning: redes neuronales artificiales (ANN), regresión logística y máquinas de vectores de soporte (SVR), utilizando como variables independientes el producto nacional bruto, el número de patentes y el gasto en investigación y desarrollo, mientras que las exportaciones de alta tecnología fueron la variable dependiente. Los resultados demostraron que el modelo basado en ANN alcanzó el mejor desempeño con un coeficiente de determinación $R^2 = 94.2\%$, $MAPE = 0.011$ y $MSE = 0.073$, seguido por los modelos SVR y regresión logística. Este estudio evidencia la efectividad de las técnicas de aprendizaje automático para modelar relaciones complejas entre la innovación tecnológica y el crecimiento económico sostenible, sirviendo como referencia relevante para investigaciones que integran machine learning y análisis económico.

En el estudio realizado por Bassem Sellami, Chahinez Ounoughi, Tarmo Kalvet, Marek Tiits y Diego Rincón-Yanez (2024)[5], se aplicaron Graph Neural Networks (GNN) para predecir los flujos comerciales internacionales utilizando datos del UN Comtrade, que incluyen más de 5,000 productos y múltiples variables económicas como PIB, población, distancia y año. Los autores compararon los modelos Random Forest (RF), Graph Convolutional Network (GCN) y Graph Attention Network (GAT) mediante métricas de desempeño como R^2 , MAE, MSE y MAPE. Los resultados mostraron que el modelo GAT superó ampliamente a los métodos tradicionales, alcanzando un R^2 de hasta 0.95, con un MSE de 153.09 y un MAE promedio de 3.2, demostrando una gran capacidad para capturar las relaciones complejas entre países y productos. En comparación, el modelo Random Forest obtuvo un R^2 máximo de 0.64. El estudio concluye que las GNN ofrecen una herramienta eficaz para modelar las interdependencias del comercio global y mejorar la precisión en la predicción de exportaciones.

El estudio de Shashi Kumar R., Basavaraj M. S. y Vengalarao Pachava [6](2024) analizó la predicción de exportaciones de micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES) mediante la comparación de modelos tradicionales de series temporales y técnicas avanzadas de machine learning. Se evaluaron modelos como Double Exponential Smoothing y ARIMA, junto con Support Vector Regression (SVR), Random Forest (RF) y Extreme Gradient Boosting (XGBoost), utilizando métricas de desempeño como RMSE, MSE, MAE, MAPE y R^2 . Los resultados mostraron que los métodos de machine learning superan ampliamente a los modelos tradicionales. El Random Forest alcanzó un R^2 de 0.9973 con un MAPE de 3.17%, mientras que el XGBoost obtuvo el mejor desempeño con un R^2 de 0.9983 y un RMSE de solo 0.02, aunque con indicios de sobreajuste. En contraste, el modelo ARIMA logró un R^2 de 0.9881 y un MAPE de 14.10%. Los autores concluyen que la combinación de enfoques tradicionales y de machine learning mejora la precisión en la predicción de exportaciones y apoya la formulación de estrategias de crecimiento para las MIPYMES.

3. Metodología

3.1 Diseño de investigación

El estudio se enmarca en un diseño no experimental con enfoque longitudinal retrospectivo, basado en la observación de datos anuales de exportaciones departamentales del periodo 2005–2022. Este tipo de diseño es el más adecuado para investigaciones de series temporales, ya que permite analizar la evolución de las variables a lo largo del tiempo sin manipulación del investigador. De acuerdo con Mairer et al. [7], la naturaleza no experimental garantiza que las variables independientes se recolectan tal como ocurren en su contexto real. Bajo este enfoque predictivo, se evaluó el rendimiento de los modelos mediante métricas propias de regresión y series temporales, como MAE, RMSE, R^2 y MAPE siendo este

último solo para evaluar series temporales. La presente investigación no formula una hipótesis debido a que se clasifica dentro del nivel descriptivo, cuyo propósito es identificar, caracterizar y registrar las propiedades de una o más variables tal como se presentan en un contexto determinado. Esto se sustenta en lo señalado por Gonzales [8] quienes explican que en los estudios descriptivos “las hipótesis no siempre son necesarias, ya que el objetivo central es especificar las características de variables o fenómenos sin buscar relaciones causales entre ellas.

3.2 Objetivos

Evaluar comparativamente el desempeño de los algoritmos CatBoost, XGBoost, Linear Regression y Prophet para la predicción de las exportaciones departamentales del Perú, con el fin de identificar el modelo más preciso y robusto que contribuya a la toma de decisiones en la gestión y promoción del comercio exterior regional.

3.3 Datos

El conjunto de datos cuenta con un total de un total de 450 filas por 17 columnas en las cuales se dividen en los siguiente 'Año', 'Productos tradicionales - Pesqueros', 'Productos tradicionales - Agrícolas', 'Productos tradicionales - Mineros', 'Productos tradicionales - Petróleo y gas natural', 'Productos no tradicionales - Agropecuarios', 'Productos no tradicionales - Pesqueros', 'Productos no tradicionales - Textiles', 'Productos no tradicionales - Maderas y papeles, y sus manufacturas', 'Productos no tradicionales - Químicos', 'Productos no tradicionales - Minerales no metálicos', 'Productos no tradicionales - Sidero-metalúrgicos y joyería', 'Productos no tradicionales - Metal-mecánicos', 'Productos no tradicionales - Otros', 'Otros', 'Total Exportaciones', Departamento, estos datos fueron extraídos de el BCRP [9], que proporciono los datos para este estudio donde se sacó las exportaciones por departamentos en de manera anual desde el año 2005 hasta el 2022, para ello los datos obtenidos fueron sacados en formato CSV de manera que se hizo su respectiva limpieza de datos para su posterior uso para modelos de machine learning, el conjunto de datos se dividió en 80% para el entrenamiento y el 20% para la validación, siguiendo la recomendación metodológica de Lalwani et al[10] que esta proporción favorece un equilibrio adecuado entre el entrenamiento del modelo y la evaluación imparcial de su desempeño. En este sentido, los modelos se entrenaron utilizando el 80 % de los datos, reservando el 20 % restante como conjunto de prueba para asegurar una validación externa y prevenir el sobreajuste.

3.4 Selección de algoritmos

Se seleccionaron los 4 algoritmos para el uso en nuestro dataset

- **CatBoost:** Se escogió CatBoost porque su uso en la predicción de exportaciones y precios de exportación ha mostrado resultados superiores frente a métodos tradicionales y otros algoritmos de boosting, como el en siguiente estudio [11] procesa variables categóricas de forma nativa, evitando la necesidad de codificación manual y mejorando la precisión en contextos económicos y comerciales donde abundan este tipo de datos. En la figura 1 se muestra la arquitectura de CatBoost

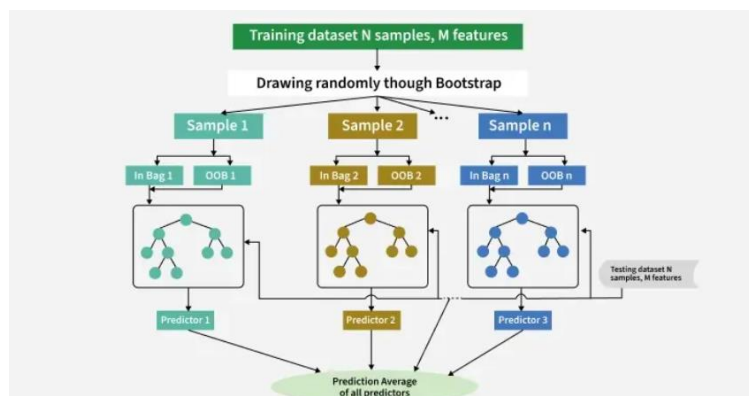


Fig 1. Estructura del algoritmo de CatBoost extraída de [12]

- **XGBoost:** Se escogió porque es uno de los algoritmos de machine learning más utilizados para predicción en series temporales y variables económicas, incluyendo exportaciones y precios de productos exportables. Su éxito se debe a su alta precisión, capacidad para manejar datos complejos y eficiencia computacional como en el siguiente estudio[13] donde supero a modelos tradicionales (ARIMA, LSTM, Random Forest) en la predicción de precios y volúmenes de exportación, especialmente cuando se combinan variables económicas, de tendencia y de mercado. En la figura 2 se muestra la arquitectura de XGBoost

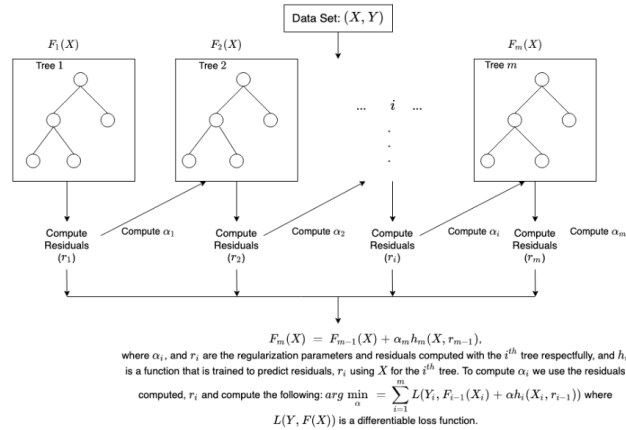


Fig 2: Estructura del algoritmo de XGBoost extraído de[14]

- **Prophet:** se escogió porque es un modelo de series temporales ampliamente utilizado para la predicción de exportaciones y precios de productos exportables, como en el siguiente estudio [15] donde ha demostrado ser preciso en la predicción de volúmenes y precios de exportación, como en el caso de las exportaciones de avellana en Turquía y productos agrícolas, superando a modelos tradicionales en algunos escenarios. En la figura 3 se muestra la arquitectura de Prophet

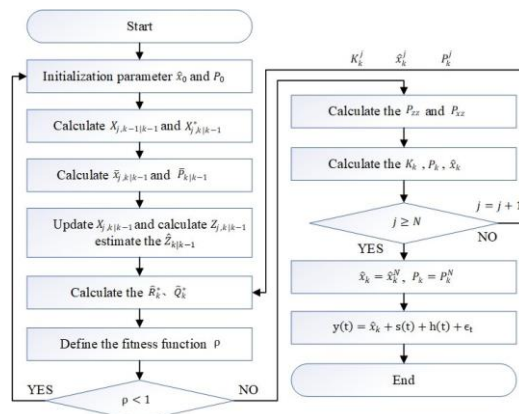


Fig 3: Estructura del algoritmo Prophet extraído de[16]

- **Linear Regression:** se utilizó porque se ha empleado exitosamente para analizar y predecir valores de exportación en diferentes regiones y departamentos. Por ejemplo, en Kalimantan Oriental y Kalimantan del Sur, la regresión lineal simple permitió identificar tendencias y realizar pronósticos precisos de exportaciones, con errores bajos (RMSE de 3.18%) y parámetros estadísticamente significativos[17]. En la figura 4 se muestra la arquitectura de Linear Regression

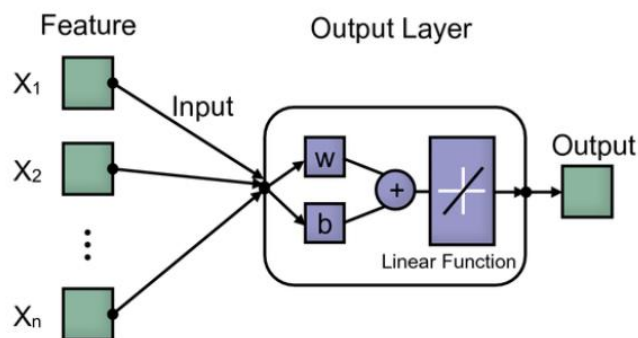


Fig 4: Estructura del algoritmo de regresión lineal extraído de[18]

3.5 Instrumentos y técnicas

Para la implementación de este estudio, se empleó Python como lenguaje de programación, aprovechando su versatilidad y el vasto soporte de bibliotecas especializadas en aprendizaje automático. El entrenamiento de los modelos se llevó a cabo en Google Colab, un entorno de desarrollo que proporcionó acceso a recursos de computación en la nube.

3.6 Preprocesamiento

El preprocesamiento se hizo de la siguiente manera

- Primero se descargaron todos los CSV y se eliminaron las columnas de total de productos exportados tradicionales y total de productos no tradicionales
- Lo segundo fue borrar los datos duplicados o nulos, se agregó la columna departamentos, y años se unió todo eso y redondeo los valores numéricos
- Y al final todos los datos se unió en un solo CSV

Para el entrenamiento y evaluación de los modelos de predicción, se llevó a cabo un proceso de preprocesamiento que permitió preparar adecuadamente las variables de entrada. En primer lugar, se definieron las variables independientes (features) y dependientes (targets). Las variables predictoras incluyeron el año y el departamento ($X = ["\text{Año}", "\text{Departamento}"]$), mientras que las variables dependientes correspondieron a los distintos tipos de productos exportados, agrupados en categorías tradicionales y no tradicionales, además del total de exportaciones.

Posteriormente, se diferenciaron las variables numéricas y categóricas para su tratamiento específico. La variable numérica (Año) fue escalada mediante la técnica StandardScaler, que normaliza los valores restando la media y dividiendo por la desviación estándar, lo que mejora la estabilidad numérica y la eficiencia del entrenamiento de los modelos. Por otro lado, la variable categórica (Departamento) fue codificada utilizando la técnica One-Hot Encoding, que transforma las categorías en variables binarias, permitiendo que los algoritmos manejen información cualitativa de manera cuantitativa sin introducir un orden artificial.

Estas transformaciones se integraron en un pipeline de preprocesamiento utilizando la clase ColumnTransformer, lo que garantizó un flujo de datos consistente, ordenado y reproducible durante todo el proceso de modelado. Asimismo, se empleó GridSearchCV en conjunto con el pipeline para identificar los mejores hiperparámetros de cada modelo. Este procedimiento incluyó validación cruzada, lo que permitió evaluar la estabilidad del rendimiento y seleccionar la configuración óptima, reduciendo el riesgo de sobreajuste y mejorando la capacidad predictiva del modelo.

Finalmente, los datos fueron divididos en un conjunto de entrenamiento (80 %) y un conjunto de validación (20 %) mediante la función train_test_split, manteniendo un criterio de aleatoriedad controlada (random_state=42). Esta partición permitió evaluar el desempeño de los modelos de forma objetiva y prevenir el sobreajuste (overfitting).

3.7 Análisis de datos

El análisis de datos se llevó a cabo mediante la comparación de las métricas de rendimiento de los modelos entrenados. Dado que el problema abordado corresponde a una tarea de regresión, se utilizaron exclusivamente métricas diseñadas para evaluar este tipo de modelos.

+

- **MAE:** Mean Absolute Error es el promedio de las diferencias absolutas entre los valores reales y los valores predichos. Indica cuánto se equivoca en promedio el modelo (sin importar el signo del error).

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (1)$$

- **RMSE:** Root Mean Squared Error es similar al MAE penaliza más los errores grandes, ya que los errores se elevan al cuadrado antes de promediarse.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (2)$$

- **R²:** Coeficiente de Determinación Indica qué proporción de la variabilidad de los datos reales es explicada por el modelo. Va de 0 a 1, donde 1 significa predicción perfecta.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (3)$$

- **MAPE:** Mean Absolute Percentage Error es una métrica de evaluación usada comúnmente para medir la precisión de los modelos de predicción, especialmente en contextos económicos, financieros y de series temporales [3], mientras que el valor este más cercano al 0 es mucho mejor el modelo

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \quad (4)$$

4. Resultados

Como el tipo de problema es de tiempos los resultados tuvieron que hacerse por departamentos y productos por lo cual se sacó la media aritmética para cada modelo para así determinar cuál fue el mejor modelo para predecir las exportaciones por departamentos, en total fueron 390 modelos evaluadas

4.1 Resultados de CatBoost

CatBoost se uso MultiOutputRegressor para múltiples salidas, los mejores parámetros fueron 1000 iteraciones, una profundidad máxima de 8 niveles y una tasa de aprendizaje de 0.05, además de técnicas de muestreo aleatorio (bootstrap_type=Bernoulli, subsample=0.8) para mejorar la generalización. Este modelo fue implementado dentro de un pipeline que integró el preprocesamiento y el entrenamiento de manera automatizada y reproducible. Durante el proceso de evaluación, se calcularon métricas como el Error Absoluto Medio (MAE), la Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE) y el Coeficiente de Determinación (R²) tanto para el conjunto de entrenamiento como para el de validación. A continuación, los siguientes resultados se muestra en la tabla 1

Tabla1. Resultados de desempeño del modelo CatBoost durante las fases de entrenamiento y validación.

Métricas	Entrenamiento	Validación
MAE	10.978598	32.918252
RMSE	41.431965	109.724267
R ²	99.6621%	96.2844%

4.2 Resultados de XGBoost

XGBoost se uso MultiOutputRegressor para múltiples salidas, los mejores parámetros fueron 1000 estimadores, una profundidad máxima de 6 árboles, una tasa de aprendizaje de 0.05, y la política de crecimiento lossguide, parámetros seleccionados para optimizar el equilibrio entre capacidad predictiva y eficiencia computacional. Durante el proceso de evaluación, se calcularon métricas como el Error Absoluto Medio (MAE), la Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE) y el Coeficiente de Determinación (R²) tanto para el conjunto de entrenamiento como para el de validación. A continuación, los siguientes resultados se muestra en la tabla 2

Tabla2. Resultados de desempeño del modelo XGBoost durante las fases de entrenamiento y validación

Métricas	Entrenamiento	Validación
MAE	3.869750	40.080151
RMSE	23.921365	163.583246
R ²	99.8873%	91.7414%

4.3 Resultados de LinearRegression

Para evaluar el desempeño se calcularon métricas como el Error Absoluto Medio (MAE), la Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE), el Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE) y el Coeficiente de Determinación (R²). Los resultados mostraron que la Regresión Lineal obtuvo un rendimiento aceptable en categorías con tendencias temporales estables, aunque presentó limitaciones al modelar relaciones más complejas o no lineales entre los predictores y las exportaciones. Durante el proceso de evaluación, se calcularon métricas como el Error Absoluto Medio (MAE), la Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE) y el Coeficiente de Determinación (R²) tanto para el conjunto de entrenamiento como para el de validación. A continuación, los siguientes resultados se muestra en la tabla 3

Tabla3. Resultados de desempeño del modelo LinearRegression durante las fases de entrenamiento y validación

Métricas	Entrenamiento	Validación
MAE	86.516628	80.596246
RMSE	269.7688	236.624060
R ²	85.6739%	82.7200%

4.4 Resultados de Prophet

Se entrenaron modelos Prophet individualizados para cada combinación de departamento y categoría de producto, la división para este modelo fue la siguiente desde 2005 hasta 2018 se usaron para entrenar el modelo de ahí se usó para la validación se utilizó la librería train-test split temporal, con el fin de capturar las tendencias locales y específicas de cada sector. Para cada caso, se seleccionaron las variables Año (como variable temporal) y el valor correspondiente de exportaciones (como variable dependiente), las cuales fueron renombradas a los formatos requeridos por Prophet (ds y y). La columna temporal fue convertida al tipo datetime para permitir su procesamiento como serie temporal.

El modelo se configuró considerando únicamente estacionalidad anual, dado que las exportaciones se registran en periodos anuales, desactivando las componentes diaria y semanal. Posteriormente, se generaron predicciones a tres años futuros y se evaluó el rendimiento del modelo mediante las métricas MAE, RMSE y MAPE se aplicado para modelos de tipo series temporales, calculadas al comparar los valores observados con las predicciones del modelo.

Los resultados obtenidos se almacenaron por cada combinación de producto y departamento, permitiendo realizar un análisis comparativo del rendimiento del modelo en distintas regiones. En general, este procedimiento posibilitó evaluar la capacidad del modelo Prophet para representar de manera precisa las dinámicas temporales de las exportaciones regionales, garantizando además la reproducibilidad y consistencia del proceso.

A continuación, los siguientes resultados se muestra en la tabla 4

Tabla4. Resultados de desempeño del modelo Prophet durante las fases de entrenamiento y validación

Métricas	Entrenamiento	Validación
MAE	38.98938841	35.883826846
RMSE	51.27710616	72.15069058
MAPE	11.79223533	3.753737334

En la figura 4 muestra la comparación de los diferentes modelos de catBoost, XGBosst y LinnearRegression y sus métricas evaluadas que son MAE, RMSE y R²

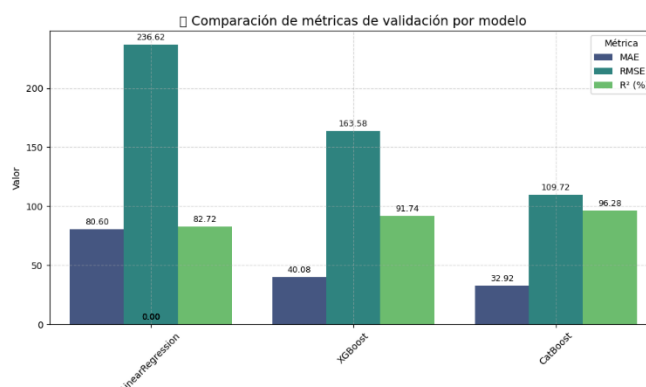


Fig 4. Comparación entre la métrica de validación entre los diferentes modelos

En la figura 5 se muestra las métricas que alcanzó el modelo Prophet

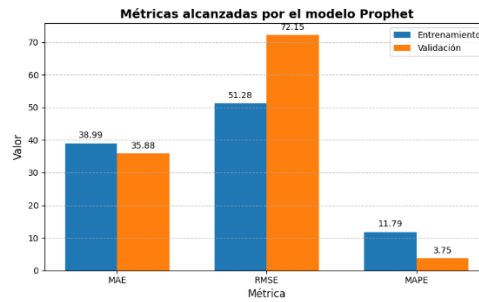


Fig 5. Comparación entre la métrica alcanzadas por prophet

4.5 Implementación del prototipo

El principal aporte práctico de esta investigación radica en el desarrollo de un prototipo funcional que se encuentra en el siguiente enlace <https://sistema-exportaciones-fullstack.vercel.app/> basado en el modelo Prophet, seleccionado por su destacado desempeño, evidenciado en sus bajos valores de MAE y RMSE, así como un MAPE del 3.75%, lo que refleja un margen de error reducido y una alta capacidad predictiva.

En total, se generaron 390 modelos, correspondientes a cada producto y departamento analizado.

La arquitectura del prototipo se presenta en la Figura 6. Este fue desarrollado bajo un entorno Django para el backend y React para el frontend. Finalmente, la interfaz de usuario puede apreciarse en la Figura 7.

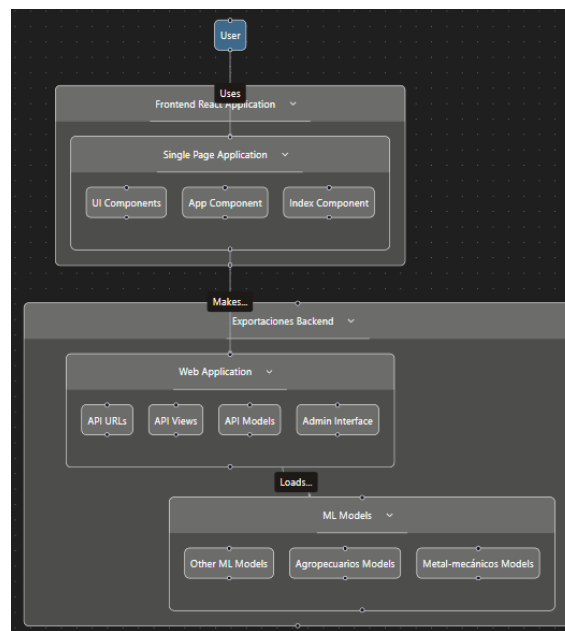


Fig 6. Diagrama del funcionamiento de la aplicación

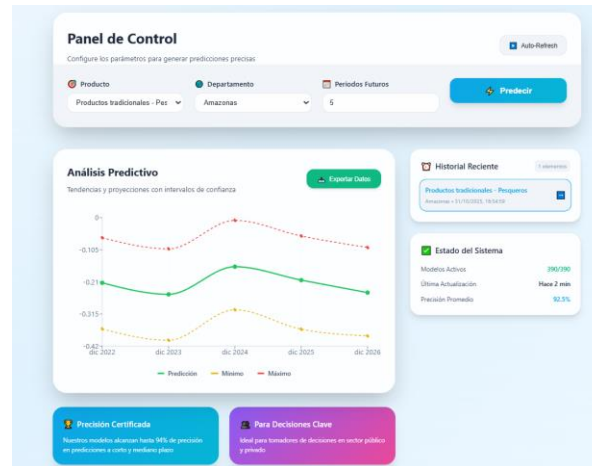


Fig 7. Interfaz de usuario

5. Discusiones y conclusión

Los resultados obtenidos en esta investigación evidencian una tendencia consistente con los hallazgos de estudios previos que aplicaron técnicas de machine learning en el ámbito de las exportaciones. En el trabajo de Gulzar et al. [4], las redes neuronales artificiales (ANN) mostraron un desempeño sobresaliente en la predicción de exportaciones de alta tecnología en Turquía, alcanzando un R^2 de 94.2 %, lo que respalda la capacidad de los modelos no lineales para representar relaciones económicas complejas. De manera similar, en este estudio, el modelo CatBoost demostró una excelente capacidad predictiva con un R^2 del 96.28 % y un MAE de 32.91, lo que confirma su eficacia en la identificación de patrones no lineales en las exportaciones regionales del Perú.

Por otro lado, los resultados de Sellami et al. [5] destacan el potencial de las Graph Neural Networks (GNN) en la modelación de relaciones comerciales internacionales, donde el modelo GAT alcanzó un R^2 de hasta 0.95, superando significativamente a métodos tradicionales como Random Forest ($R^2 = 0.64$). Esta superioridad de los modelos basados en aprendizaje profundo es coherente con el rendimiento del CatBoost en el presente estudio, evidenciando que los algoritmos que incorporan estructuras jerárquicas y manejo avanzado de variables categóricas tienden a ofrecer mayor precisión y generalización en contextos comerciales y económicos.

Asimismo, el trabajo de Kumar et al. [6] refuerza la superioridad de los algoritmos de machine learning frente a los modelos clásicos de series temporales como ARIMA o Double Exponential Smoothing. En su estudio sobre MIPYMES, Random Forest y XGBoost alcanzaron R^2 de 0.9973 y 0.9983, respectivamente, superando ampliamente los métodos tradicionales. De manera análoga, los resultados del presente trabajo confirman que CatBoost y Prophet superan en desempeño a la Regresión Lineal, la cual obtuvo un R^2 de 82.72 % y un RMSE de 236.62, mostrando limitaciones para capturar patrones no lineales en los datos de exportaciones.

En cuanto al modelo Prophet, sus resultados (MAE = 35.88, RMSE = 72.15 y MAPE = 3.75%) muestran una notable estabilidad y una excelente capacidad para capturar tendencias y estacionalidades, en concordancia con su efectividad previamente reportada en estudios sobre predicción de exportaciones agrícolas y de commodities. Estos resultados sugieren que Prophet es particularmente adecuado para series temporales anuales y contextos donde se prioriza la interpretación y la proyección de tendencias.

El presente estudio demuestra que la aplicación de modelos de machine learning permite mejorar significativamente la precisión en la predicción de exportaciones por departamentos en el Perú, contribuyendo así al análisis regional del comercio exterior. Entre los modelos evaluados, CatBoost alcanzó el mejor rendimiento general, con un R^2 del 96.28 % y un MAE de 32.91, evidenciando su capacidad para representar relaciones no lineales y complejas entre las variables económicas y territoriales. Por su parte, el modelo Prophet presentó una notable estabilidad en la predicción de series temporales, con un MAPE de 3.75%, lo que lo posiciona como una herramienta robusta para capturar tendencias y estacionalidades del comportamiento exportador a nivel regional.

Finalmente, el desarrollo de un prototipo funcional basado en Prophet, integrado con Django y React, demuestra la aplicabilidad práctica de este enfoque, facilitando la visualización y proyección de exportaciones de manera dinámica y escalable. Se recomienda, como línea futura de investigación, incorporar variables macroeconómicas externas —como tipo de cambio, inversión extranjera y precios internacionales y explorar arquitecturas de aprendizaje profundo (LSTM, GNN o híbridos) para fortalecer la capacidad predictiva y la toma de decisiones estratégicas en políticas de desarrollo comercial.

6. Referencias

- [1] P. Suler, Z. Rowland, y T. Krulicky, «Evaluation of the Accuracy of Machine Learning Predictions of the Czech Republic's Exports to the China», *Journal of Risk and Financial Management*, vol. 14, n.o 2, feb. 2021, doi: 10.3390/jrfm14020076.
- [2] H. Jošić y B. Žmuk, «A Machine Learning Approach to Forecast International Trade: The Case of Croatia», *Business Systems Research*, vol. 13, n.o 3, pp. 144-160, oct. 2022, doi: 10.2478/bsrj-2022-0030.
- [3] M. Iaousse, Y. Joulil, M. Bouincha, y D. Mentagui, «A Comparative Simulation Study of Classical and Machine Learning Techniques for Forecasting Time Series Data», *International journal of online and biomedical engineering*, vol. 19, n.o 8, pp. 56-65, 2023, doi: 10.3991/ijoe.v19i08.39853.
- [4] Y. Gulzar et al., «Predicting High Technology Exports of Countries for Sustainable Economic Growth by Using Machine Learning Techniques: The Case of Turkey», *Sustainability* 2024, Vol. 16, Page 5601, vol. 16, n.o 13, p. 5601, jun. 2024, doi: 10.3390/SU16135601.
- [5] B. Sellami, C. Ounoughi, T. Kalvet, M. Tiits, y D. Rincon-Yanez, «Harnessing Graph Neural Networks to Predict International Trade Flows», *Big Data and Cognitive Computing*, vol. 8, n.o 6, jun. 2024, doi: 10.3390/bdcc8060065.
- [6] S. K. R, B. M.S., y V. Pachava, «Machine Learning-Driven Export Forecasting: A Comparative Analysis for MSME Growth», *Journal of Economics, Innovative Management and Entrepreneurship*, vol. 3, n.o 1, feb. 2025, doi: 10.59652/JEIME.V3I1.401.
- [7] C. Maier, J. B. Thatcher, V. Grover, y Y. K. Dwivedi, «Cross-sectional research: A critical perspective, use cases, and recommendations for IS research», *Int J Inf Manage*, vol. 70, p. 102625, jun. 2023, doi: 10.1016/J.IJINFOMGT.2023.102625.
- [8] M. González Mares, «Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta», *Revista Universitaria Digital de Ciencias Sociales (RUDICS)*, vol. 10, n.o 18, pp. 92-95, ene. 2019, doi: 10.22201/FESC.20072236E.2019.10.18.6.
- [9] «Exportaciones e importaciones». Accedido: 25 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/anuales/exportaciones-e-importaciones>
- [10] F. H. Garabaghi, S. Benzer, y R. Benzer, «Modeling dissolved oxygen concentration using machine learning techniques with dimensionality reduction approach», *Environ Monit Assess*, vol. 195, n.o 7, pp. 1-23, jul. 2023, doi: 10.1007/S10661-023-11492-3/METRICS.
- [11] J. K. Sayyad, K. Attarde, y N. Saadoui, «Optimizing e-Commerce Supply Chains With Categorical Boosting: A Predictive Modeling Framework», *IEEE Access*, vol. 12, pp. 134549-134567, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3447756.
- [12] «CatBoost in Machine Learning - GeeksforGeeks». Accedido: 25 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.geeksforgeeks.org/machine-learning/catboost-ml/>
- [13] T. Zhao, G. Chen, S. Suraphee, T. Phoophiwfa, y P. Busababodhin, «A hybrid TCN-XGBoost model for agricultural product market price forecasting», *PLoS One*, vol. 20, n.o 5, p. e0322496, may 2025, doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0322496.
- [14] «Cómo funciona el XGBoost algoritmo de SageMaker IA - Amazon SageMaker AI». Accedido: 25 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://docs.aws.amazon.com/es_es/sagemaker/latest/dg/xgboost-HowItWorks.html
- [15] E. Aytaç, «Forecasting Turkey's Hazelnut Export Quantities with Facebook's Prophet Algorithm and Box-Cox Transformation», *ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal*, vol. 10, n.o 1, pp. 33-47, feb. 2021, doi: 10.14201/ADCAIJ20211013347.
- [16] C. Guo, Q. Ge, H. Jiang, G. Yao, y Q. Hua, «Maximum Power Demand Prediction Using Fbprophet with Adaptive Kalman Filtering», *IEEE Access*, vol. 8, pp. 19236-19247, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2968101.
- [17] A. B. Fawait, S. Rahmah, A. Diana, S. Da Costa, N. Insyroh, y A. A. Firdaus, «Implementation of Data Mining Using Simple Linear Regression Algorithm to Predict Export Values», *Scientific Journal of Engineering Research*, vol. 1, n.o 1, pp. 26-32, ene. 2025, doi: 10.64539/SJER.V1I1.2025.11.
- [18] D. H. Min y H. K. Yoon, «Suggestion for a new deterministic model coupled with machine learning techniques for landslide susceptibility mapping», *Sci Rep*, vol. 11, n.o 1, dic. 2021, doi: 10.1038/S41598-021-86137-X.



Revista Micaela

ISSN: 2955-8646 (en línea) / 2709-8990 (Impresa)
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
Vice Rectorado de Investigación – Perú

Vol. 6 Num. 1 (2025) - Publicado: 01/10/25
<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025>
Páginas: 60 - 67
Recibido 05/11/2025; Aceptado 05/11/2025

<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025.188>

Edición Especial: Cosmovisión Andina – 2025

Autores:

1. **ORCID ID** <https://orcid.org/0009-0004-6645-3632> Mariana Perpetua, Zevallos Sotomayor Estudiante de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac-231050@unamba.edu.pe
2. **ORCID ID** <https://orcid.org/0009-0007-9255-0059>, Rolando Davalos Negron, Estudiante de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac-231065@unamba.edu.pe
3. **ORCID ID** <https://orcid.org/0009-0009-2499-4787>, Bisbal Anthony Choque Casaverde, estudiante de la Universidad Micaela Bastidas de Apurímac-231011@unamba.edu.pe
4. **ORCID ID** <https://orcid.org/0009-0009-3478-6578>, Jennifer Araseli Palma Chipane, estudiante de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac-231033@unamba.edu.pe
5. **ORCID ID** <https://orcid.org/0009-0006-3449-2957> Ccorahua Sequeiros María Rosa, Docente de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, mrcorahua@unamba.edu.pe

functional gummies enriched with 20 % bovine spleen and blueberry, mango, and strawberry pulps, and to evaluate their sensory acceptability in a child population. For their preparation, the bovine spleen was precooked at 75 °C in order to preserve its nutritional value; this ingredient provides highly bioavailable heme iron, while the fruits contribute vitamin C and antioxidants that enhance its absorption. The organoleptic characteristics flavor, color, odor, and texture were evaluated using a 3-point facial hedonic scale applied to 15 children aged 3 to 5 years from the district of Tamburco, Abancay. The results showed high acceptability, with the category “I like it a lot” standing out, with frequencies of 80–93.3 % for texture, 73.3–86.7 % for odor, 60–73.3 % for color, and 66.7–86.7 % for flavor, with mango being the most accepted. It is concluded that the gummies enriched with bovine spleen present good sensory acceptance among children, constituting a viable alternative to support anemia prevention. However, it is recommended that future studies include bromatological analyses of the final product, especially the determination of heme iron and its bioavailability, to validate its nutritional relevance.

Keywords: gummies, bovine spleen, childhood anemia, hedonic test, sensory acceptability.

Aceptabilidad sensorial de gomitas con bazo de bovino y pulpas de frutas como apoyo en la prevención de la anemia infantil

Sensory Acceptability of Gummies Made with Bovine Spleen and Fruit Pulp as a Support Strategy for the Prevention of Childhood Anemia

Mariana Perpetua Zevallos Sotomayor ¹, Rolando Dávalos Negron ² Bisbal Antony Choque Casaverde ³ Jennifer Araseli Palma Chipane ⁴ María Rosa Ccorahua Sequeiros ⁵

Resumen. El presente trabajo de investigación, en la categoría Diseño Innovador, fue desarrollado para su presentación en la Feria de Ciencia y Tecnología FERCYT-2025, organizada por la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Su objetivo fue elaborar gomitas funcionales enriquecidas con 20 % de bazo de bovino y pulpas de arándano, mango y fresa, y evaluar su aceptabilidad sensorial en población infantil. Para su preparación, el bazo de bovino fue precocido a 75 °C con el fin de preservar su valor nutricional; este ingrediente aporta hierro hemínico de alta biodisponibilidad, mientras que las frutas contribuyen con vitamina C y antioxidantes que favorecen su absorción. Las características organolépticas sabor, color, olor y textura se evaluaron mediante una escala hedónica facial de 3 puntos aplicada a 15 niños de 3 a 5 años del distrito de Tamburco, Abancay. Los resultados evidenciaron una alta aceptabilidad, destacando la categoría “Me gusta mucho”, con frecuencias de 80–93,3 % en textura, 73,3–86,7 % en olor, 60–73,3 % en color y 66,7–86,7 % en sabor, siendo el mango el más aceptado. Se concluye que las gomitas enriquecidas con bazo de bovino presentan buena aceptación sensorial infantil, constituyendo una alternativa viable como apoyo en la prevención de la anemia. No obstante, se recomienda que futuros estudios incluyan análisis bromatológicos del producto final, especialmente la determinación del hierro hemínico y su biodisponibilidad, para validar su pertinencia nutricional.

Palabras Clave: Gomitas, bazo de bovino, anemia infantil, prueba hedónica, aceptabilidad sensorial.

Abstract: The present research project, submitted in the Innovative Design category, was developed for its presentation at the Science and Technology Fair FERCYT-2025, organized by the Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Its objective was to produce

1 Introducción

La anemia es una enfermedad de la sangre que se define como la disminución de la concentración de hemoglobina en el organismo, siendo generalmente los valores normales por encima a los 12 gramos por decilitro en la mujer, y a 13,5 en el hombre [1]. En 2021 a nivel internacional, la anemia por deficiencia de hierro afecta a 1.9 millones de niños en el mundo, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) [2], constituyendo una de las deficiencias nutricionales más prevalentes en países de ingresos medios y bajos. La evidencia internacional ha mostrado que los suplementos de hierro sintético, aunque eficaces en laboratorio, presentan baja adherencia debido a mal sabor, efectos secundarios gastrointestinales y baja aceptación infantil.

Y en el Perú en el 2023, el 43,1 % de los niños entre 6 y 35 meses presentó anemia, una cifra que se incrementa en zonas rurales y en regiones andinas como Puno y Apurímac [3]. Entre 2012 y 2018, las tasas de anemia infantil no tuvieron reducciones significativas, afectando al 43,6 % de los niños menores de tres años en 2018. Asimismo, en 2011 las pérdidas económicas asociadas superaron los S/ 2.777 millones, equivalentes al 0,62 % del PBI nacional, con mayor impacto en zonas rurales [4]. En regiones como Apurímac, la prevalencia alcanzó el 55,8 % en niños de 6 a 35 meses [5]. Esta deficiencia no solo compromete el desarrollo cognitivo y el rendimiento escolar, sino que también afecta la productividad futura, generando importantes pérdidas sociales y económicas [6]. Aunque se han aplicado programas de suplementación con hierro y diversas intervenciones alimentarias, los resultados obtenidos siguen siendo insuficientes y desiguales. Este panorama evidencia que la anemia infantil es un problema complejo que requiere alternativas alimentarias innovadoras, sostenibles y socialmente aceptadas.

El bazo bovino es una fuente natural excepcional de hierro hemo (28,7 mg/100 g) [7] de alta biodisponibilidad y bajo costo. Su transformación en productos atractivos para niños, combinado con frutas ricas en vitamina C, representa una alternativa innovadora, sostenible y culturalmente aceptable para combatir la anemia ya que la presencia de tuftsin, el cual es un compuesto no tóxico que se encuentra presente en el bazo de bovinos, tiene una función especial de aumentar la respuesta inmunológica [8] y su utilización contribuye a dos frentes fundamentales: (1) enfrentar la deficiencia de hierro en poblaciones vulnerables; (2) promover el aprovechamiento sostenible de subproductos bovinos, reduciendo desperdicios y mejorando la eficiencia del sistema productivo [9].

Por ello, este trabajo busca analizar la aceptabilidad de gomitas enriquecidas con bazo de bovino y saborizadas con frutas ricas en vitamina C (arándano, fresa y mango). La vitamina C favorece la absorción del hierro hemínico presente en el bazo y, además, aporta antioxidantes, color natural y fibra dietaria (1,6 g) [10].

El objetivo del presente estudio fue desarrollar gomitas enriquecidas con 20 % de bazo bovino, saborizadas con pulpa de mango, fresa y arándano, y evaluar su aceptabilidad sensorial en niños de 3 a 5 años del distrito de Tamburco, provincia de Abancay, mediante una prueba hedónica facial de tres puntos diseñada específicamente para población infantil.

Investigaciones previas han demostrado que el bazo bovino es una de las fuentes más ricas y biodisponibles de hierro hemo: 100 g aportan 28,7–45 mg de hierro (200–320 % de las necesidades diarias infantiles) con absorción del 25–35 %, muy superior al hierro no hemo vegetal [11]. Su inclusión en la dieta eleva rápidamente hemoglobina y ferritina en niños anémicos, superando en eficacia y adherencia a los suplementos de sulfato ferroso [3, 4]. Además, aporta altas cantidades de vitamina B12, ácido fólico, zinc y selenio [5].

A pesar de ello, su consumo en Perú y América Latina es muy bajo debido al sabor metálico, textura fibrosa y percepción negativa como “desecho” [6]. Existen pocos estudios sobre su transformación en productos atractivos para niños (gomitas, snacks, etc.), lo que resalta la necesidad de desarrollar alimentos funcionales que mantengan sus beneficios nutricionales y mejoren la aceptación infantil [7, 8].

2 Metodología de la Investigación

- **Diseño del estudio.** - El presente estudio corresponde a una investigación de enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo y transversal, orientada a evaluar la aceptabilidad sensorial de gomitas funcionales enriquecidas con bazo de bovino en población infantil.
- **Población y muestra.** - La población estuvo conformada por niños de 3 a 5 años residentes en el distrito de Tamburco, provincia de Abancay. La muestra estuvo constituida por 15 niños, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando la disponibilidad de los participantes y la autorización de los padres o tutores.

- **Consideraciones éticas.**- Previo a la aplicación de la prueba sensorial, se obtuvo el consentimiento informado de los padres o tutores legales de los niños participantes. La evaluación se realizó garantizando la confidencialidad de los datos y respetando los principios éticos de investigación en población infantil.

3 Elaboración de Gomitas fortificadas:

Comienza con la recepción de materiales e insumos donde se llegó a lavar y desinfectar las frutas y el bazo de bovino para luego escaldar a 75°C para mantener sus nutrientes del bazo, luego se realizó el licuado tanto de las frutas y los demás ingredientes para luego realizar el proceso de mezclado y cocción llegando a 85°C hasta que se integren todos los ingredientes y luego se lleva a moldear y dejar enfriar para luego realizar en proceso de envasado [12].

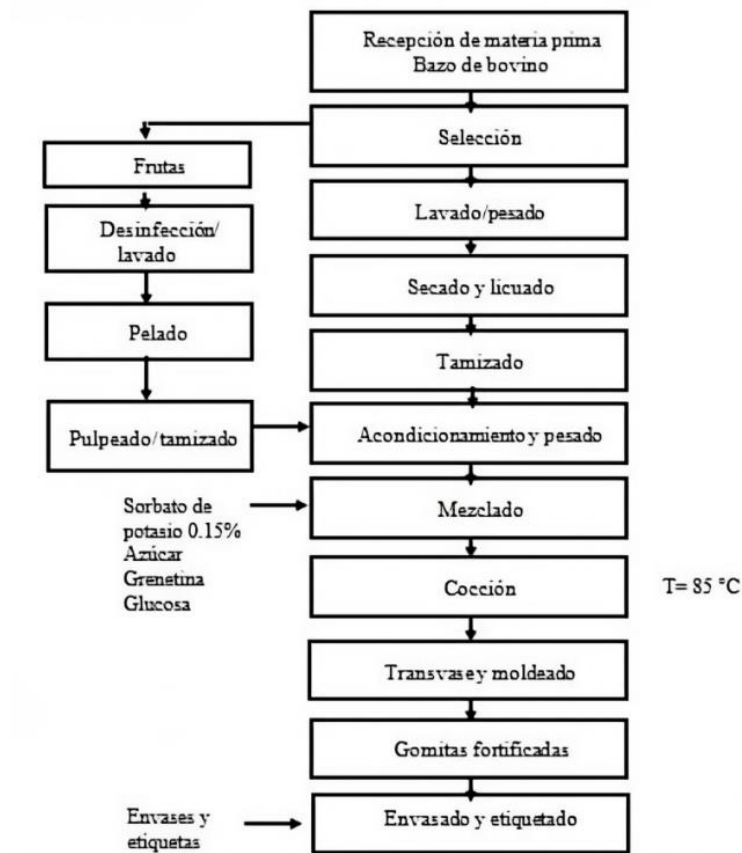
Para la elaboración de las gomitas fortificadas se utilizan los siguientes ingredientes en dos tratamientos con diferentes porcentajes.

Tabla 1:
Cantidad de ingredientes a usar

Ingrediente	Peso (g) Ajustado	Porcentaje (%)
Bazo de bovino	48.83	20.00
Azúcar	40.00	16.39
Pulpa de fruta	100.00	40.96
Glucosa	25.00	10.24
Sorbato de potasio	0.30	0.12
Grenetina	30.00	12.29
Total	244.13	100.00%

Fuente: elaboración propia.

Figura 1: Flujograma para la elaboración de Gomitas fortificadas



3.1 Instrumento de recolección de datos: Se empleó una prueba hedónica facial de tres puntos, diseñada para población preescolar [13], aplicada a 15 niños de 3 a 5 años del distrito de Tamburco, quienes participaron como consumidores del producto. La evaluación permitió analizar la aceptabilidad sensorial de las gomitas fortificadas en función de los atributos de color, olor, sabor y textura.

Figura 2

Escala Hedónica

DESCRIPCIÓN	PUNTUACIÓN	REPRESENTACIÓN
Me gusta mucho	3	
No me gusta ni me disgusta	2	
Me disgusta mucho	1	

Nota: Escala Hedónica preescolar [13].

4 Resultados

El análisis de los datos se realizó mediante estadística descriptiva, utilizando frecuencias y porcentajes para cada atributo sensorial evaluado. Los resultados fueron procesados con el software SPSS Statistics versión 26.

En las tablas 3,4,5 y 6 presenta los siguientes resultados para la aceptabilidad de las gomitas, después de la encuesta se tiene:

- En las formulaciones de mango y fresa son altamente aceptadas por la población infantil Ya que ambas alcanzaron una aceptación global superior al 93 % en sabor y textura Y más del 86 % de los niños calificaron el olor y la textura como “Me gusta mucho”. Asimismo, la textura fue el atributo mejor valorado en las tres formulaciones (100 % de aceptación en mango, arándano y fresa).
- En la formulación con fresa destacó positivamente: El mayor porcentaje de “Me gusta mucho” en olor (86.7 %) y sabor (66.7 %). Ya que el color rojo intenso natural es bien recibido por los niños.
- En la formulación con arándano presentó una limitación importante en sabor Donde el 93.3 % de los niños respondió “Ni me gusta ni me disgusta”, lo que indica que el sabor metálico del bazo no fue suficientemente enmascarado por el arándano. Y solo el 6.7 % dijo “Me gusta mucho” el sabor, lo que la hace poco viable sin reformulación (aumentar concentración de pulpa, agregar edulcorante natural o combinar con otro fruto).

Tabla 2

Aceptabilidad de Olor de gomitas a base de bazo de bovino

	Descripción	Mango		Arándano		Fresa	
		Frecuencia	porcentaje	Frecuencia	porcentaje	Frecuencia	porcentaje
Olor	No, me gusta		0	2	13.3	1	6.7
	Ni me Gusta ni me disgusta	2	13.3	1	6.7	1	6.7
	Me gusta mucho	13	86.7	12	80	13	86.7
Total		15	100	15	100	15	100

Tabla 3
Aceptabilidad de Color de gomitas a base de bazo de bovino

	Descripción	Mango		Arándano		Fresa	
		Frecuencia	porcentaje	Frecuencia	porcentaje	Frecuencia	porcentaje
Color	No me gusta	2	13.3	2	13.3	3	20
	Ni me gusta ni me disgusta	2	13.3	4	26.7	5	33.3
	Me gusta mucho	11	73.3	9	60	7	46.7
	Total	15	100	15	100	15	100

Tabla 4
Aceptabilidad de Sabor de gomitas a base de bazo de bovino

	Descripción	Mango		Arándano		Fresa	
		Frecuencia	porcentaje	Frecuencia	porcentaje	Frecuencia	porcentaje
Sabor	No me gusta	1	6.7	0	0	1	6.7
	Ni me gusta ni me disgusta	1	6.7	14	93.3	4	26.7
	Me gusta mucho	13	86.7	1	6.7	10	66.7
	Total	15	100	15	100	15	100

Tabla 5
Aceptabilidad de textura de gomitas a base se bazo de bovino

	Descripción	Mango		Arándano		Fresa	
		Frecuencia	porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	porcentaje
Textura	No, me gusta	0	0	0	0	-	-
	Ni me gusta ni me disgusta	2	13.3	0	0	1	6.7
	Me gusta mucho	13	86.7	15	100	14	93.3
	Total	15	100		100	15	100

Fuente: todas las tablas fueron extraídas del programa SPSS Statistics versión 26

Representación en barras

Figura 3
aceptación de Olor de gomitas representado en barras

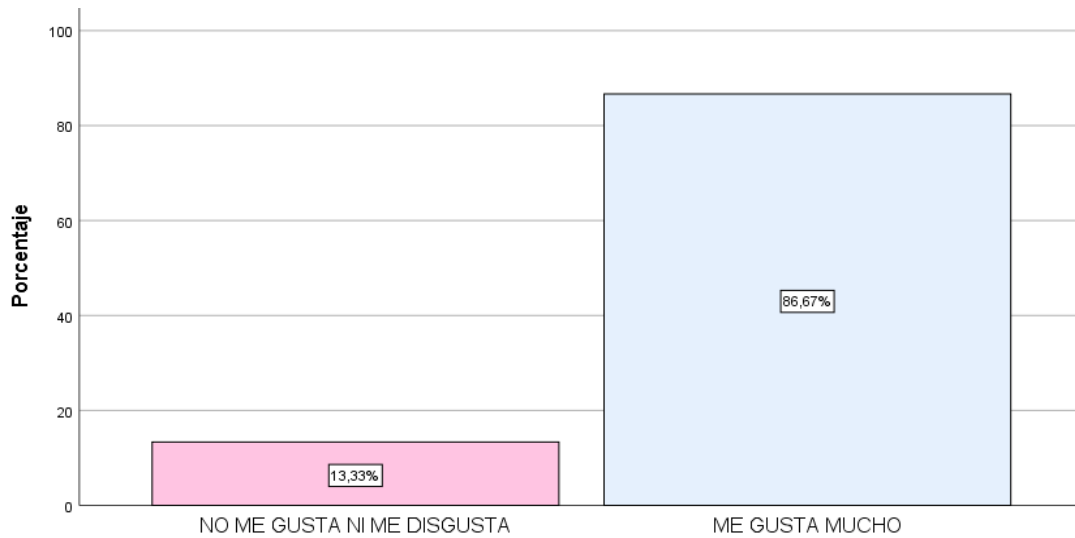


Figura 4
aceptación de Color de gomitas representado en barras

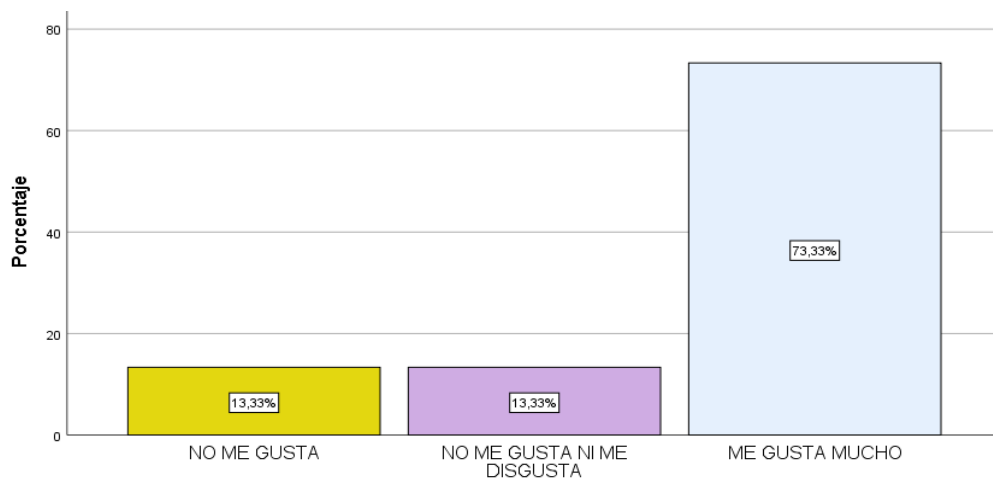


Figura 5
aceptación de Sabor de gomitas representado en barras

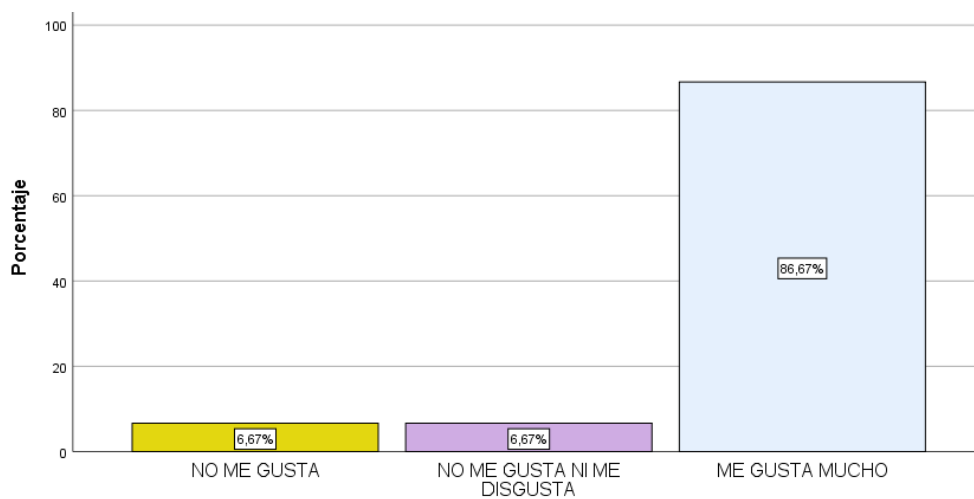
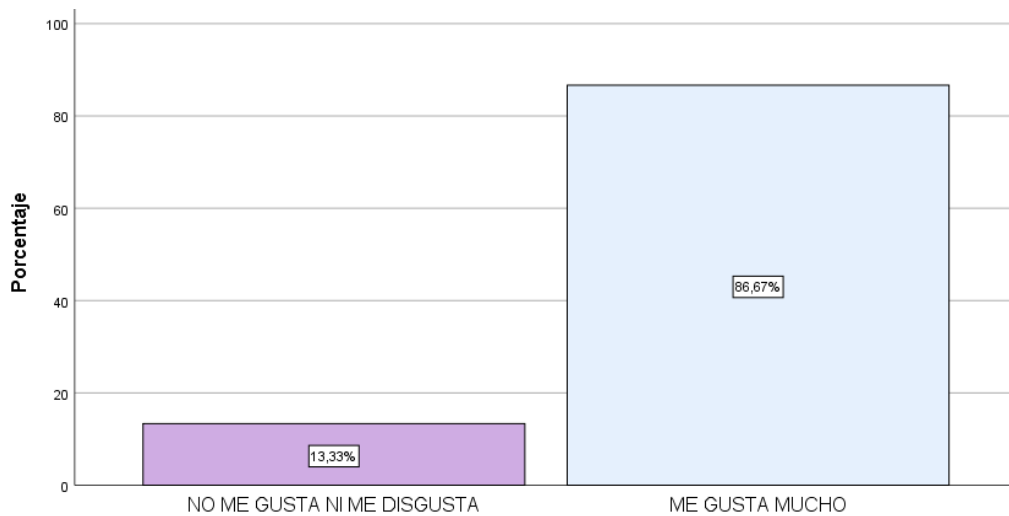


Figura 6
aceptación de textura de gomitas representado en barras



5 Discusiones

Estos resultados concuerdan con estudios previos que señalan que sabores frutales dulces, como el mango, presentan mayor aceptación sensorial en población infantil debido a su aroma y dulzor característico [14], quienes mencionan que el sabor de las frutas cultivadas en climas cálidos como el mango suelen tener una alta aceptación sensorial debido a su dulzor y aroma agradable. En cambio, el arándano presentó una menor preferencia en sabor, pues la mayoría de los niños lo percibieron como neutro “ni me gusta ni me disgusta”, posiblemente por su acidez natural o poco conocimiento de la fruta, lo que también fue descrito por Tarahi et al. (2023) [15] en estudios realizados sobre gummies funcionales.

Por otro lado, el atributo de textura fue muy bien aceptada en las tres propuestas, alcanzando valores superiores del 85% de “me gusta mucho”, lo que refleja que el proceso de elaboración fue el más apropiado. Estos resultados similares fueron observados por Moazzem (2024) [16], quien menciona que la textura es un factor determinante en la aceptación de productos dirigidos a la audiencia infantil. No obstante, el color de las gomitas de fresa obtuvo menor puntuación, lo que podría resultar del tono final del producto o a una menor claridad visual, aspecto que podría mejorarse con una reformulación o un reajuste del colorante natural de la fruta.

Respecto a las limitaciones del estudio, hay que tener en cuenta que la muestra de la que se obtuvo la información es una muestra pequeña (15 niños) y localizada en un lugar en específico que es el distrito de Tamburco Abancay, lo cual restringe la generalización de los resultados. También, el uso de una escala simple en la encuesta podría ser otro factor que reduzca la precisión en la medición de las preferencias. Sin embargo, los resultados obtenidos contienen información que puede ser de utilidad para futuras investigaciones sobre la aceptación por parte de los niños/as de los alimentos sobre alimentos fortificados.

Estos hallazgos son especialmente importantes para el desarrollo de alimentos funcionales destinados a prevenir la anemia infantil. Demuestran que es posible incluir ingredientes ricos en nutrientes, como el bazo bovino, sin afectar a la aceptabilidad sensorial del producto. Además, se afirma que las preferencias de los niños se ven favorecidas por sabores familiares y dulces, como el mango y la fresa. Por lo tanto, futuras investigaciones podrían estudiar nuevas combinaciones frutales o ajustar el grado de dulzura para mejorar la percepción de sabores menos apreciados, como el arándano.

6 Conclusiones

Las gomitas funcionales enriquecidas con 20 % de bazo de bovino presentaron una alta aceptabilidad sensorial en niños de 3 a 5 años del distrito de Tamburco, destacando la formulación sabor mango como la más aceptada. La textura fue el atributo mejor valorado en las tres formulaciones, lo que evidencia la adecuación del proceso de elaboración. La incorporación de bazo de bovino no afectó negativamente las características sensoriales del producto, demostrando su viabilidad como fuente natural de hierro hemo en alimentos dirigidos a población infantil.

Se recomienda que futuras investigaciones incluyan análisis bromatológicos del producto final y un tamaño muestral mayor para fortalecer la validez de los resultados.

7 Referencias Bibliográficas

- [1] F. Moreira y A. López San Román, «Anemia ferropénica. Tratamiento,» vol. Vol. 101, n° N° 1, 2009.
- [2] F. R. Vargas, V. J. Guerra y V. A. Hernández, «Redefinición de la anemia infantil en el Perú: variaciones distritales tras la adopción de la guía OMS 2024,» 2025.
- [3] INEI, «Instituto Nacional de Informática,» 2023.
- [4] S. Cusirramos, J. P. Aparco y L. Bullon, «Impacto de micronutrientes en polvo sobre la anemia en niños de 10 a 35 meses de edad en Apurímac, Perú,» Lima, Perú, 2019.
- [5] EDES y E. d. y. d. s. familiar, «Situación actual de la Anemia en niños de 6 a 35 meses,» 2023.
- [6] M. S. Sociedad, «Anemia Infantil en el Perú, Situacion y retos una nueva perspectiva,» Lima-Perú, 2023.
- [7] C. K. Q. C. G. Aco, «Formulación para elaborar galletas de harina de bazo de origen bovino (bos taurus) para niños en etapa preescolar,» Arequipa, 2019.
- [8] Y. Suarez y R. D. Berrospi, «Golosina Antianemica de crema de chocolate negro enriquecido con bazo de bovino para la lonchera preescolar.,» Huacho, 2020.
- [9] B. E. León, M. D. R. Farromeque, R. . W. Dextre y O. Otilio, «Raviol de sangrecita y bazo de bovino: Aportando proteínas y hierro en la población escolar,» 2025.
- [10] V. Lemus Moreira , Jalea de Fresa, Mora y Arándanos azules con Espirulina, Guatemala: Universidad de Galileo, 2023.
- [11] C. K. E. Aco y C. G. Quispe, «Formulacion para elaborar gralletas de harina de bazo de origen bovino (Bos taurus) para niños en estapa preescolar,» Arequipa-Perú, 2019.
- [12] P. Robles Madrigal , I. Chalini robles y A. Moreno Ibarra, «Tecnologia de elaboracion de Gomititas con grenetina adicionadas con vitamina C,» 2020.
- [13] I. Luzardo Ocampo , «Escala Hedónica preescolar,» 2012.
- [14] R. Al- Jaloudi, D. Al-Refaie, M. Shahein, H. J. Hamad, N. Shehadeh, J. AlBtoosh, B. A. Al-Nawasrah, B. A. Al-Nawasrah, R. Alkhderat y S. K. Ababneh, «Desarrollo de gomas de mascar funcionales a base de concentrado de arándano y miel: análisis fisicoquímico y sensorial,» vol. 13, n° 2, pp. 1-16, 2025.
- [15] M. Tarahi , S. Tahmouzi, . M. Reza Kianiani, . S. Ezzati, S. Hedayati y . M. Niakousar, «Current Innovations in the Development of Functional Gummy Candies,» Foods, vol. 13, n° 1, pp. 1-17, 2023.
- [16] M. Moazzem, M. Hayden, D.-J. Kim y a. S. Cho, «Assessment of Changes in Sensory Characteristics of Strawberries during 5-Day Storage through Correlation between Human Senses and Electronic Senses,» Foods, vol. 13, n° 20, pp. 2-16, 2024.
- [17] Rodríguez, A. P. Zevallos y I. Dianderas, «Evaluación de la Capacidad Antioxidante y efecto Hipolipemiente de la fragaria Ananassa (fresa) y Vaccinium corymbosum (arándano) y su actividad sinérgica en ratas con hiperlipidemia inducida experimentalmente.,» Arequipa- Perú.
- [18] Montoya, María del Pilar; Eche y G. Castrillón, «El bazo: un órgano olvidado,» 2010.



Revista Micaela

ISSN: 2955-8646 (en línea) / 2709-8990 (Impresa)
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
Vice Rectorado de Investigación – Perú

Vol. 6 Num. 2 (2025) - Publicado: 19/12/25
<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025>
Páginas: 68- 76
Recibido 13/11/2025; Aceptado 18/12/2025

<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n1.2025.130>

Edición Especial: Cosmovisión Andina –2025

Autores:

1. ORCID iD <https://orcid.org/0009-0006-4453-6482> Christel Huachaca-Rosales, estudiante de pregrado de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 211076@unamba.edu.pe
2. ORCID iD <https://orcid.org/0009-0002-5864-4397> Jhon Kenny Sierra-Villegas, estudiante de pregrado de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 211095@unamba.edu.pe
3. ORCID iD <https://orcid.org/0009-0005-9888-4848> Federico Sierra-Villegas, estudiante de pregrado de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 231042@unamba.edu.pe
4. ORCID iD <https://orcid.org/0009-0001-4264-6884> Ricardo Daniel Ccasani-Baltazar, estudiante de pregrado de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 241069@unamba.edu.pe
5. ORCID iD <https://orcid.org/0009-0007-5391-2619> Hermógenes Ccasani-Dávalos, docente de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. hccasani@unamba.edu.pe

ded to a Completely Randomized Design (CRD) with three replicates, and maturation was carried out on a laboratory scale (10 L). In the physicochemical analysis, treatment T3 (10%) stood out with pH values of 4.03 ± 0.01 , apparent extract of 3.67 ± 0.06 °P, anthocyanin content of 21.53 ± 0.48 mg C3G/L, and yeast count of $3.20 \pm 0.05 \times 10^6$ yeast/mL ($p < 0.05$), without significantly altering the alcoholic strength ($4.99 \pm 0.02\%$ v/v; $p > 0.05$). In the sensory evaluation, T3 obtained the highest overall acceptability (4.0 ± 0.04) and an intense purple color (4.3 ± 0.02), maintaining the classic flavor, bitterness, and body characteristics typical of the lager style ($p > 0.05$). The *off-flavor* profile was clean, demonstrating a reduction in oxidative defects attributed to the antioxidant effect of the blueberries. From a functional standpoint, treatment T3 exhibited high antioxidant capacity, in addition to cellular biostimulation associated with the supply of amino acids, B vitamins, and minerals, giving the beer a significant nutraceutical value.

Keywords: Lager beer, blueberries, anthocyanins.

Elaboración de cerveza estilo lager con adición de arándano azul (*Vaccinium corymbosum*)

Brewing lager-style beer with added blueberry (*Vaccinium corymbosum*)

Christel Huachaca-Rosales ¹, Jhon Kenny Sierra-Villegas ², Federico Sierra-Villegas ³, Ricardo Daniel Ccasani-Baltazar ⁴ y Hermógenes Ccasani-Dávalos ⁵

Resumen. Se elaboró una cerveza estilo lager con adición de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) durante la etapa de maduración, en proporciones de 7.5% y 10% p/p (tratamientos T2 y T3, respectivamente), considerando un control sin adición (T1: 0%). El diseño experimental correspondió a un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres repeticiones, realizándose la maduración a escala de laboratorio (10 L). En el análisis fisicoquímico, el tratamiento T3 (10%) destacó con valores de pH 4.03 ± 0.01 , extracto aparente 3.67 ± 0.06 °P, contenido de antocianinas $21,53 \pm 0.48$ mg C3G/L y conteo de levadura $3.20 \pm 0.05 \times 10^6$ levadura/mL ($p < 0.05$), sin modificar significativamente el grado alcohólico ($4.99 \pm 0.02\%$ v/v; $p > 0.05$). En la evaluación sensorial se utilizó una escala de (1 - 5), T3 obtuvo la mayor aceptabilidad general (4.0 ± 0.04) y un color púrpura intenso (4.3 ± 0.02), manteniendo las características clásicas de sabor, amargor y cuerpo propias del estilo lager ($p > 0.05$). El perfil de *off-flavors* fue limpio, evidenciando una reducción de defectos oxidativos atribuida al efecto antioxidante de los arándanos. Desde el punto de vista funcional, el tratamiento T3 presentó una alta capacidad antioxidante, además de una bioestimulación celular asociada al aporte de aminoácidos, vitaminas del complejo B y minerales, otorgando a la cerveza un valor nutracéutico destacado.

Palabras Clave: Cerveza lager, arándanos, antocianinas.

Abstract. A lager-style beer was brewed with the addition of blueberries (*Vaccinium corymbosum*) during the maturation stage, in proportions of 7.5% and 10% w/w (treatments T2 and T3, respectively), considering a control without addition (T1: 0%). The experimental design corresponded to a Completely Randomized Design (CRD) with three replicates, and maturation was carried out on a laboratory scale (10 L). In the physicochemical analysis, treatment T3 (10%) stood out with pH values of 4.03 ± 0.01 , apparent extract of 3.67 ± 0.06 °P, anthocyanin content of 21.53 ± 0.48 mg C3G/L, and yeast count of $3.20 \pm 0.05 \times 10^6$ yeast/mL ($p < 0.05$), without significantly altering the alcoholic strength ($4.99 \pm 0.02\%$ v/v; $p > 0.05$). In the sensory evaluation, T3 obtained the highest overall acceptability (4.0 ± 0.04) and an intense purple color (4.3 ± 0.02), maintaining the classic flavor, bitterness, and body characteristics typical of the lager style ($p > 0.05$). The *off-flavor* profile was clean, demonstrating a reduction in oxidative defects attributed to the antioxidant effect of the blueberries. From a functional standpoint, treatment T3 exhibited high antioxidant capacity, in addition to cellular biostimulation associated with the supply of amino acids, B vitamins, and minerals, giving the beer a significant nutraceutical value.

1 Introducción

La investigación titulada “Elaboración de cerveza estilo lager con adición de arándano (*Vaccinium corymbosum*)” tiene como propósito desarrollar un producto innovador que incorpore un insumo de alto valor nutricional dentro del proceso cervecero artesanal. Este estudio busca aprovechar las propiedades funcionales del arándano, caracterizado por su elevado contenido de antocianinas, flavonoides y compuestos fenólicos, los cuales poseen efectos antioxidantes, anti-inflamatorios y cardioprotectores [1],[2].

El trabajo experimental se desarrolló en el laboratorio de la empresa Cervecería Abanquina S.A.C. y en el laboratorio de análisis de productos agroindustriales de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, durante el mes de octubre del año 2025, bajo condiciones controladas durante todo el proceso de elaboración.

La cerveza es una de las bebidas alcohólicas más consumidas a nivel mundial y ocupa el tercer lugar en popularidad, después del agua y el té, según [3]. En el Perú, el consumo anual promedio alcanza los 45.4 litros por persona, ubicando al país en el quinto lugar de consumo en América Latina [4]. Además, la cerveza posee valor nutricional debido a su contenido de minerales como magnesio, fósforo y potasio, junto con un bajo nivel de sodio, factores que ayudan a disminuir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y promueven un efecto diurético beneficioso [4],[5].

Los arándanos son frutos pertenecientes al género *Vaccinium*, caracterizados por su alto contenido de compuestos bioactivos. De acuerdo con [6], el arándano es una baya rica en polifenoles, especialmente antocianinas, además de vitaminas y minerales, lo cual le otorga propiedades antioxidantes y beneficios potenciales para la salud humana.

En los últimos años, los productores de cerveza artesanal han adoptado estrategias de innovación mediante la incorporación de ingredientes no convencionales, como frutas, hierbas, cereales y flores, con el fin de diversificar los perfiles sensoriales y funcionales de la bebida [7],[8]. Este fenómeno responde al creciente interés de los consumidores por productos saludables y naturales, capaces de aportar beneficios nutricionales y sensoriales. En este contexto, la incorporación de arándanos en la cerveza lager se presenta como una alternativa tecnológica que puede mejorar su perfil antioxidante, color y estabilidad sensorial, sin alterar la identidad del estilo [9].

Diversos estudios han demostrado el potencial del arándano como ingrediente funcional en bebidas fermentadas. [10] evaluaron la influencia del momento de adición del arándano (*Vaccinium myrtillus* L.) en el perfil fenólico y proteico de la cerveza, observando un aumento significativo en el contenido de compuestos fenólicos y una mejora en la estabilidad del color. [11] evaluó la capacidad antioxidante de una cerveza artesanal elaborada con arándano, observando un incremento significativo en el contenido fenólico y en la estabilidad del color. Asimismo, [12] destacó el aprovechamiento del orujo de arándano en procesos de fermentación alcohólica como fuente natural de pigmentos y compuestos bioactivos.

De acuerdo con [13], la aplicación de recursos biológicos autóctonos en la elaboración de cervezas innovadoras constituye una tendencia de gran valor para el desarrollo regional, al promover la diversificación agroindustrial y la valorización de materias primas locales. Pese al avance del sector cervecero artesanal, existe una limitada investigación en el Perú sobre la formulación de cervezas con adición de frutas antioxidantes, como el arándano. En consecuencia, se desconoce la concentración óptima de este fruto que permita equilibrar el valor nutricional y las propiedades organolépticas del producto. Por ello, surge la necesidad de analizar cómo la adición de arándano afecta la calidad fisicoquímica y sensorial de una cerveza tipo lager artesanal producida en condiciones controladas.

El objetivo general fue elaborar cerveza estilo lager con adición (7.5 y 10%) de arándano azul (*Vaccinium corymbosum*), y como objetivos específicos fue evaluar el efecto de la adición de arándanos azules (7.5 y 10%) en una cerveza tipo lager sobre las características fisicoquímicas del producto final y determinar el efecto de la adición de arándanos azules (7.5 y 10%) en una cerveza tipo lager sobre las características sensoriales del producto final, utilizando frutos frescos procedentes de cultivos locales de la región Apurímac. La investigación se realizó a escala de laboratorio, y se enfocó principalmente en el control de calidad del producto terminado y buscando la concentración que permita mantener las propiedades organolépticas propias del estilo y mejorar su valor funcional, aportando conocimiento técnico sobre la incorporación de frutas antioxidantes en procesos cerveceros artesanales.

Se espera que los resultados de esta investigación contribuyan al desarrollo de cervezas artesanales funcionales, con mayor aceptación sensorial y valor nutricional, promoviendo la innovación agroindustrial sostenible en la región de Apurímac.

2 Método

Se realizó un estudio tipo aplicada según su propósito, experimental según su diseño, cuantitativo [14] para desarrollar cerveza lager funcional con arándano. Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos (T1: 0% – control; T2: 7.5% p/p; T3: 10% p/p de arándano triturado) y tres repeticiones, para cada uno de los tratamientos.

Tabla 1. Diseño experimental de la investigación.

Tratamientos	Factor A: Concentraciones de fruta	Réplicas
T1	0%	3
T2	7.5%	3
T3	10%	3

2.1 Población y muestra

La población considerada en este estudio estuvo compuesta por todas las unidades de cerveza verde estilo lager pertenecientes al lote experimental de 10 litros, elaboradas bajo condiciones controladas y homogéneas de proceso. A partir de esta población se obtuvieron las unidades experimentales mediante un muestreo probabilístico aleatorio simple, garantizando que cada porción del lote tuviera la misma probabilidad de ser seleccionada. Cada unidad experimental consistió en una alícuota de 500 mL, la cual fue destinada a la evaluación de los diferentes tratamientos definidos en el diseño completamente al azar. Las concentraciones de adición de fruta de arándano se calcularon en porcentaje peso/peso (% p/p) respecto a la masa total de cerveza (10 L) para cada tratamiento. En la Tabla 2 se detallan las formulaciones correspondientes a cada tratamiento evaluado.

Tabla 2. Formulaciones de los insumos de la investigación.

Materia prima	Formulaciones en estudio		
	T1 (control)	T2 (7.5 %p/p)	T3 (10 %p/p)
L/Agua	750	750	750
g/arándanos por 10 kg de cerveza verde	0	750	1000
kg/malta Pilsener	75	75	75
kg/malta Múnich	25	25	25
kg/malta Caramelo	6	6	6
kg/maíz amarillo	30	30	30
g/lúpulo	700	700	700
g/levadura	250	250	250

2.2 Técnicas

Se evaluaron antocianinas mediante el método del pH diferencial AOAC 2005.02 [15], pH por el método potenciométrico AOAC 981.12 [16], conteo de levaduras mediante recuento directo con cámara de Neubauer siguiendo el procedimiento descrito por *American Public Health Association* [17], extracto aparente por gravedad específica conforme al método Beer-4 [18], y alcohol (% v/v) mediante destilación y medición del destilado AOAC 935.21 [19].

Se evaluaron atributos de sabor, color, amargor, cuerpo, transparencia y aceptabilidad general en el perfil sensorial se evaluó con 10 panelistas semi entrenados, con escala hedónica 1–5 para cada atributo y *off-flavors* con 6 panelistas entrenados, con escala de 1-3 (1 = leve, 2 = moderado y 3 = fuerte).

2.3 Procedimiento experimental

Para el proceso de elaboración de cerveza artesanal estilo lager con adición de la fruta arándanos, se trabajó en dos fases.

Proceso de elaboración de la cerveza artesanal estilo lager con adición de arándanos

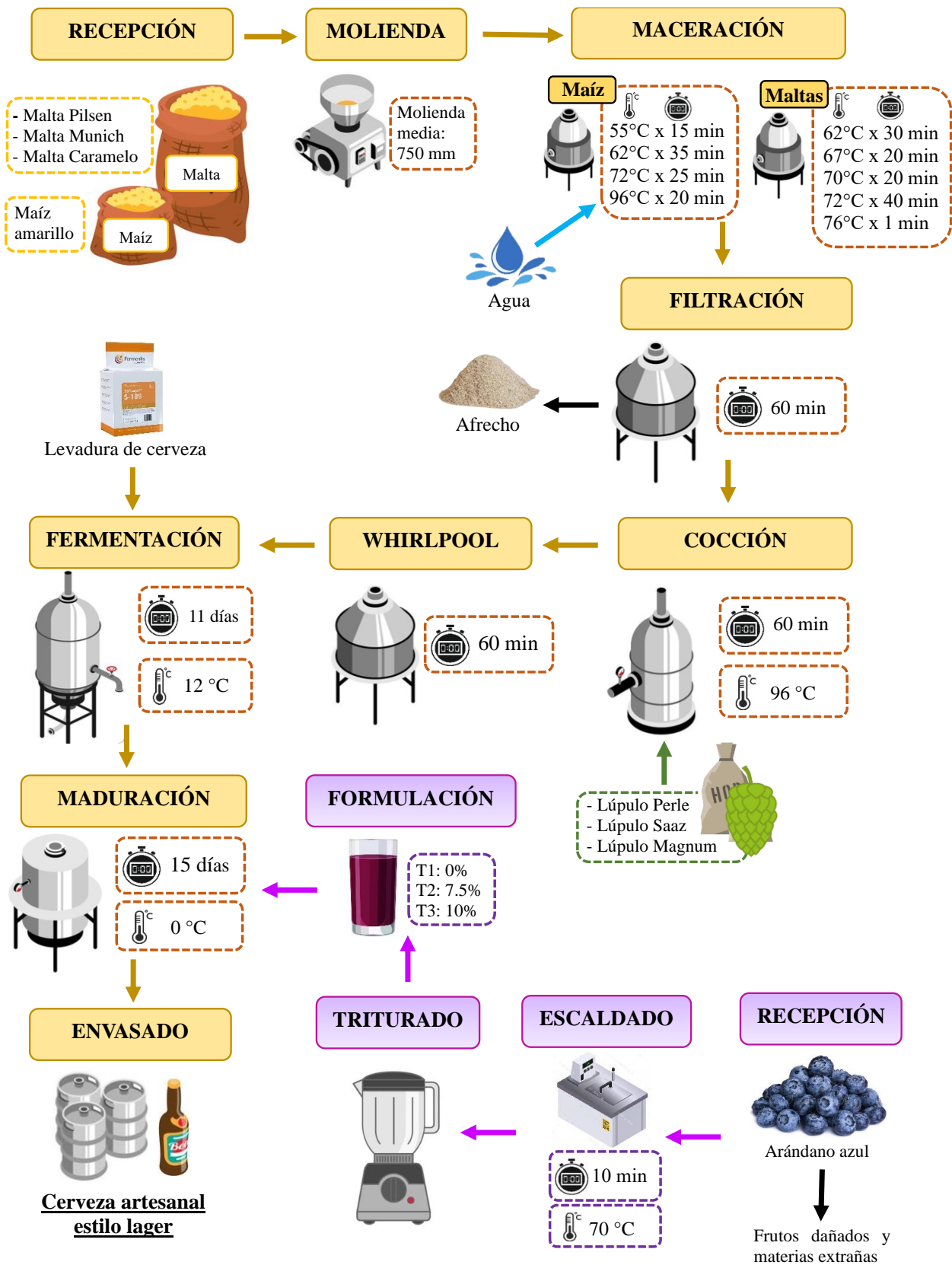


Figura 1. Proceso de elaboración de cerveza artesanal estilo lager con adición de arándanos

FASE 1: Descripción del proceso de elaboración de cerveza artesanal estilo lager con adición de arándano:

- Recepción: Se recibieron 75 kg malta Pilsener (Bestmalz), 25 kg malta Munich y 6 kg malta caramelo (Carabohemian), importadas de Alemania, cumpliendo especificaciones de calidad. También 30 kg maíz amarillo como adjunto, proveniente de Tancarapata, comunidad Micaela Bastidas, Quisapata.
- Molienda: Malta Pilsener, Munich, caramelo y maíz amarillo se trituraron medianamente en molino de granos para romper cáscara, exponer almidón y optimizar maceración y filtrado del mosto.
- Primera maceración (adjunto): Maíz molido se maceró por separado con agua mediante escalones térmicos: 55 °C (15 min), 62 °C (30 min), 72 °C (40 min), 96 °C (20 min), para romper los almidones y en la paila de mezcla convertir en azúcares fermentables.
- Segunda maceración: Maltas molidas, adjuntos y agua se mezclan a 60 °C para la conversión enzimática de almidones en azúcares mediante escalones térmicos: 62 °C (30 min), 67 °C (20 min), 70 °C (20 min), 72 °C (40 min), 76 °C (1 min).
- Filtración: Mosto azucarado se separa del afrecho. Mosto claro se transfiere a cocción; afrecho se retira como subproducto para alimentación animal
- Cocción: Mosto es hervido a 96 °C por 60 min, con lúpulo añadido en dos etapas (inicio: amargor; final: aroma/sabor). Esteriliza, isomeriza alfa-ácidos y elimina volátiles indeseados como DMS.
- Whirlpool: Mosto cocido se somete a movimiento circular en tanque whirlpool para sedimentar proteínas coaguladas y residuos de lúpulo, logrando mosto claro antes de enfriamiento.
- Fermentación: Levadura es inoculada; fermentación 13 días a 12–13 °C. Monitoreo de gravedad, pH, temperatura, presión y conteo celular para etanol, CO₂ y minimizar compuestos indeseables.
- Maduración: Cerveza madura a 0 °C para clarificar (sedimentación levadura/proteínas), estabilizar sabores y reducir diacetilo. Se añade arándano (10 % y 7.5 %).
- Envasado: Cerveza envasada principalmente en barriles; ocasionalmente en botellas ámbar de 250 mL.

FASE 2: Descripción del proceso de obtención de la pulpa licuada de arándanos:

- Recepción: Arándanos de la comunidad de Yaca, del distrito de Circa son seleccionados, clasificados y limpios, descartando frutos dañados y materias extrañas.
- Escaldado: Los frutos se sumergen en agua a 70 °C durante 10 minutos para reducir la carga microbiana, inactivar enzimas indeseables y preservar compuestos fenólicos presentes en la fruta.
- Triturado: Los arándanos se trituran mecánicamente para obtener una pulpa homogénea que facilite la liberación de jugos, azúcares, antocianinas y compuestos aromáticos.
- Formulación: Finalmente, la pulpa obtenida se pesa según la formulación establecida y se agrega al inicio de la maduración de la cerveza, permitiendo una adecuada transferencia de color, sabor y aroma al producto final.

3 Resultados y Discusiones

3.1 Calidad fisicoquímica de la cerveza estilo lager con arándanos

Tabla 3. Resultados de análisis de varianza y comparación múltiple de Tukey para las variables de perfil fisicoquímica de la cerveza estilo lager con arándanos.

Parámetros fisicoquímicos	T1 (control)	T2 (7.5%)	T3 (10%)	Sig.
pH	4.22 ± 0.00 ^a	4.12 ± 0.02 ^b	4.03 ± 0.01 ^c	0.0001*
Alcohol (ABV)	4.97 ± 0.03 ^a	4.98 ± 0.03 ^a	4.99 ± 0.02 ^a	0.912
Extracto Aparente (°P)	2.50 ± 0.00 ^a	3.40 ± 0.10 ^b	3.67 ± 0.06 ^c	0.0001*
Conteo Células (x10 ⁶ /ml)	2.83 ± 0.02 ^a	3.03 ± 0.03 ^a	3.20 ± 0.05 ^b	*0.038
Antocianinas totales (mg C3G/L)	0.00 ± 0.00 ^a	16.72 ± 0.25 ^b	21.53 ± 0.48 ^c	0.0001*

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes $p > 0.05$. * = significativo.

El ANOVA mostró diferencias altamente significativas ($p < 0.05$) en cuatro de cinco parámetros fisicoquímicos de la cerveza lager con adición de pulpa de arándano (0%, 7.5% y 10% p/p), excepto en el contenido alcohólico ($p > 0.05$). La prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) confirmó las diferencias entre tratamientos, indicando con superíndices alfabéticos las medias estadísticamente distintas o homogéneas.

pH

Se observó una disminución significativa y dosis dependiente del pH ($p < 0.001$), con valores medios de 4.22 ± 0.00 (control), 4.12 ± 0.02 (7.5%) y 4.03 ± 0.01 (10%). Este efecto es atribuible al aporte de ácidos orgánicos naturales del arándano, principalmente ácido cítrico (60–70%) y ácido málico (20–30%) [6]. La adición post fermentativa en maduración secundaria (0 °C) evita su consumo por la levadura, maximizando la acidificación sin alterar la atenuación alcohólica [9]. Un $\text{pH} \leq 4.1$ (tratamiento 10%) confiere beneficios tecnológicos: estabilidad microbiológica (inhibe *Lactobacillus* y *Pediococcus*), mejor retención de color (forma flavylium de antocianinas), frescura sensorial equilibrada [11], [13]. El 10% logra un pH inferior al reportado (4.15 con 8% frutos rojos) [11], validando el uso de arándanos locales de Apurímac en un protocolo escalable para producir una *lager* funcional, estable y con mayor valor nutricional y aceptación sensorial [7], [8].

Alcohol (ABV)

No se detectó efecto significativo del nivel de pulpa de arándano sobre el contenido alcohólico ($p = 0.912$), con valores medios de $4.97 \pm 0.03\%$ (control), $4.98 \pm 0.03\%$ (7.5%) y $4.99 \pm 0.02\%$ (10%) v/v, dentro del rango típico de una *lager* ligera (4.8–5.2% v/v). La adición post fermentativa en maduración secundaria (0 °C) evitó la metabolización de los azúcares del arándano principalmente fructosa por *Saccharomyces pastorianus*, cuya población se redujo a 2.83×10^6 cel/mL y actividad metabólica prácticamente nula [6], [9]. Este resultado confirma que la atenuación final depende exclusivamente de la fermentación primaria, sin aporte alcohólico adicional del fruto [11]. Los azúcares no fermentados se retuvieron como extracto residual, contribuyendo a cuerpo y dulzor sin alterar el perfil etílico [7], [13]. El protocolo asegura consistencia alcohólica y fidelidad al estilo, ideal para una *lager* funcional con valor nutricional mejorado [8].

Extracto aparente (°P)

Se observó un incremento lineal y altamente significativo del extracto aparente ($p < 0.001$), con valores medios de 2.50 ± 0.00 (control), 3.40 ± 0.10 (7.5%) y 3.67 ± 0.06 (10%) °P. Este aumento responde a la incorporación de sólidos no fermentables del arándano: fructosa residual, pectinas, fibra y polisacáridos estructurales de la pulpa y piel, junto con compuestos fenólicos poliméricos [6], [9]. Dado que la adición fue post fermentativa (0 °C), la levadura no metabolizó estos componentes, que permanecen en solución como extracto residual [11]. El tratamiento al 10% aporta cuerpo medio y sensación en boca más redonda, mejorando la textura sin afectar la limpidez final tras filtración [13]. Este perfil refuerza el valor funcional y aceptación sensorial de la *lager*, alineándose con tendencias de innovación con ingredientes naturales [7], [8].

Conteo celular ($\times 10^6$ cel/mL)

Solo T3 (10%) incrementó significativamente la viabilidad de levadura al final de maduración (3.20 vs. 2.83×10^6 células/mL; $p = 0.038$), atribuible a aminoácidos libres (prolina, arginina), vitaminas B y minerales (K^+ , Mg^{2+}) del arándano, que prolongan la fase estacionaria y refuerzan la resistencia osmótica [9], [20]. A diferencia de T2 (7.5%), el 10% supera el umbral bioestimulante sin inhibición por antocianinas [6]. Este efecto mejora la estabilidad biológica y reduce autólisis en almacenamiento.

Antocianinas totales (mg C3G/L)

El contenido de antocianinas totales fue altamente significativo y dependencia de las formulaciones utilizadas ($p < 0.001$), con 0.00 ± 0.00 , 16.72 ± 0.25 y 21.53 ± 0.48 mg C3G/L en control, 7.5% y 10% respectivamente. T3 (10%) superó el umbral cromático (15 mg C3G/L), logrando color rosado-rubí intenso y estable ($\Delta E^*_{\text{ap}} > 5$) por flavylium a pH 4.0–4.5 [6], y aportando propiedad funcional antioxidante (capacidad ORAC $> 300 \mu\text{mol TE/L}$) [9]. A diferencia de T2, el 10% garantiza diferenciación visual más funcionalidad bioactiva sin comprometer estabilidad. Esto posiciona la *lager* con adición de arándanos como un producto nutracéutico de alto valor.

3.2 Análisis sensorial en cerveza estilo lager con adición de arándanos azules

Análisis de atributos sensoriales en cerveza estilo lager con adición de arándanos azules

En la Tabla 4 se muestran los resultados del análisis de varianza no paramétrico realizado y la prueba de contraste de Tukey, la cual determinó que en las variables de sabor, amargor y cuerpo no existió diferencias significativas entre los tratamientos, las variables sensoriales que sí mostraron diferencias significativas fueron el color, transparencia y aceptabilidad general, y fueron a las que se les realizó la comparación de promedios según la prueba de Tukey.

Tabla 4. Resultados de análisis de varianza y comparación múltiple de Tukey para los atributos sensoriales de la cerveza estilo lager con arándanos azules.

Atributos sensoriales	T1 (0%)	T2 (7.5%)	T3 (10%)	Sig.
Sabor	2.50 ^a	2.30 ^a	2.50 ^a	0.71 ns
Color	1.90 ^a	3.50 ^b	4.30 ^c	<0.001**
Amargor	2.10 ^a	2.40 ^a	2.80 ^a	0.20 ns
Cuerpo	2.30 ^a	2.50 ^a	3.00 ^a	0.63 ns
Transparencia	2.50 ^a	3.00 ^{ab}	3.50 ^b	0.034 *
Aceptabilidad general	3.20 ^a	3.40 ^a	4.00 ^b	0.034 *

Medias con letras distintas en la misma fila indican diferencia significativa (Tukey HSD, $p < 0.05$), * $p < 0.05$, ** $p < 0.001$; ns = no significativo.

El color presentó diferencias altamente significativas ($p < 0.001$), con T3 (10 %) alcanzando 4.30 (púrpura intensa) en comparación con T2 (7.5%) = 3.50 y T1 (0%) = 1.90, por alta extracción de antocianinas [21]. La aceptabilidad general fue mayor en T3 (4.00; $p = 0.034$) en comparación con los otros dos tratamientos, mientras la transparencia en T3 disminuyó (3.50; $p = 0.034$) debido a sólidos en suspensión de pectinas, pigmentos del arándano azul [22]. Sabor, amargor y cuerpo no variaron significativamente, preservando el perfil clásico del estilo lager. La adición del 10 % de pulpa de arándano azul mejora diferenciación visual y aceptación, se debe realizar una microfiltración para mayor limpieza de la cerveza. Los resultados validan el uso de arándanos locales como fuente de compuestos bioactivos, potenciando valor funcional y sensorial en cerveza la artesanal.

Perfil de *Off-flavor* de la cerveza estilo lager con arándanos azules

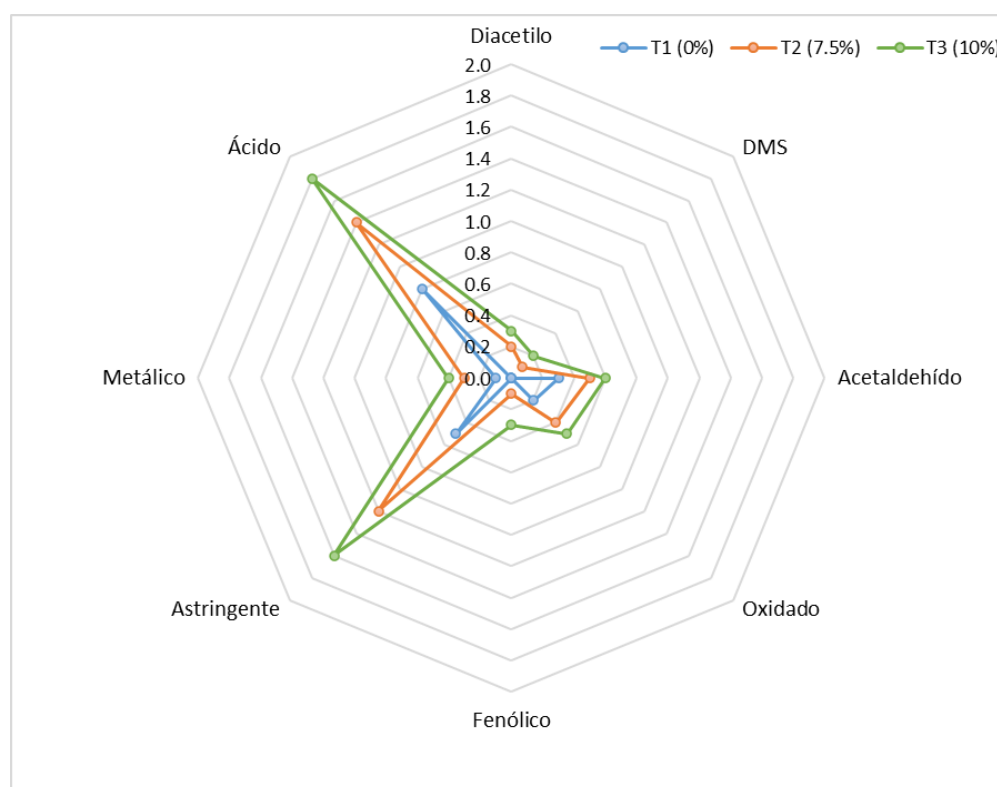


Figura 2. Resultados del perfil de *Off-Flavor* de la cerveza estilo lager con arándanos.

El perfil de *off-flavors* fue limpio y controlado en todos los tratamientos. Diacetilo, DMS, acetaldehído y metálico permanecieron en niveles muy bajos, indicando excelente manejo fermentativo [6]. T2 (7.5%) mostró leve aumento en ácido con una media de 1.4 y astringente 1.2, posiblemente por interacción inicial de antocianinas [9]. T3 (10%) aumentó su contenido en ácido con una media de 1.8 y el astringente a 1.6, evidenciando el efecto antioxidante del arándano, que mitiga efectos oxidativos [11]. La astringencia no aumentó significativamente.

4 Conclusiones

La adición de pulpa de arándano modificó significativamente el pH, el extracto aparente y el contenido de antocianinas de la cerveza, sin alterar el grado alcohólico. Estos cambios se deben al aporte de ácidos y compuestos no fermentables del fruto, incrementando el valor funcional del producto sin comprometer su calidad de la cerveza tipo lager.

Sensorialmente, la cerveza con 10 % de pulpa de arándano obtuvo mayor aceptación global y un color rosado-rubí intenso, preservando el perfil de sabor característico del estilo lager y sin *off-flavors*. Aunque se observó una ligera disminución en transparencia por sólidos en suspensión, la adición mejoró la apariencia visual, la diferenciación estética y la preferencia del consumidor. Esta variante funcional destaca por su equilibrio sensorial, valor agregado antioxidante y potencial comercial, validando el uso de recursos regionales.

5 Agradecimientos

Expresamos nuestro más profundo agradecimiento a la Dirección de Institutos de Investigación y al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Perú, por permitir nuestra participación como postulantes en el Concurso FERCYT – Feria de Ciencia y Tecnología 2025. Asimismo, extendemos un especial reconocimiento a nuestro asesor, MSc. Hermógenes Ccasani Dávalos, por su acompañamiento, asesoramiento permanente y aportes fundamentales durante el desarrollo del presente proyecto. De igual manera, agradecemos a los responsables de los laboratorios, Ing. Justo Flavio Arias Motta, MSc. Luis Fernando Falcón Pérez, Ing. Shierly Medina Pérez e Ing. Ruth Ccopa Flores, por su apoyo técnico y la disponibilidad de los ambientes e instrumentos necesarios para la ejecución de los ensayos experimentales. Esta experiencia ha contribuido significativamente a nuestro crecimiento académico y profesional, animándonos a continuar investigando con responsabilidad, constancia y compromiso hacia el avance científico, tecnológico y social de nuestro país.

6 Referencias

- [1] W. Sun, “A review of the physiological functions of blueberry anthocyanins and their applications in food,” *BIO Web Conf.*, vol. 59, pp. 1–6, 2023, doi: 10.1051/bioconf/20235902011.
- [2] G. Tobar-Bolaños, N. Casas-Forero, P. Orellana-Palma, and G. Petzold, “Blueberry juice: Bioactive compounds, health impact, and concentration technologies—A review,” *J. Food Sci.*, vol. 86, no. 12, pp. 5062–5077, 2021, doi: 10.1111/1750-3841.15944.
- [3] O. A. Castorena-García, J.H.; Juárez-Pérez, V.; Cano-Hernández, M.; Santiago-Santiago, V.; López-Mejía, “Caracterización Físico-química de Cerveza Artesanal don Adjunto de Maíz Azul y Derivados de Caña de Azúcar,” *Concienc. Tecnológica*, vol. 60, no. Caracterización fisicoquímica de la cerveza artesanal, pp. 1–11, 2020, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94465715001>
- [4] Euromonitor International, “Consumo y valor nutricional de la cerveza en América Latina,” 2019. [Online]. Available: <https://www.euromonitor.com/>
- [5] C. W. Bamforth, *Beer: Tap into the Art and Science of Brewing*, 2nd ed. New York: Oxford University Press, 2003. [Online]. Available: <https://global.oup.com/academic/product/beer-9780195305425>
- [6] W. Kalt *et al.*, “Recent Research on the Health Benefits of Blueberries and Their Anthocyanins,” *Adv. Nutr.*, vol. 11, no. 2, pp. 224–236, 2020, doi: 10.1093/advances/nmz065.
- [7] R. Cadenas, I. Caballero, D. Nimubona, and C. A. Blanco, “Brewing with starchy adjuncts: Its influence on the sensory and nutritional properties of beer,” *Foods*, vol. 10, no. 8, 2021, doi: 10.3390/foods10081726.
- [8] N. Cela, M. F. Fontefrancesco, and L. Torri, “Fruitful Brewing: Exploring Consumers’ and Producers’ Attitudes towards Beer Produced with Local Fruit and Agroindustrial By-Products,” *Foods*, vol. 13, no. 17, 2024, doi: 10.3390/foods13172674.
- [9] R. Georgieva, P. Nedyalkov, V. Shopska, and M. Kaneva, “Effect of blueberries addition during beer maturation on yeast metabolism Rada,” *Food Sci. Appl. Biotechnol.*, vol. 4, no. March, pp. 63–75, 2021, doi: 10.30721.
- [10] P. Nedyalkov, I. Bakardzhiyski, R. Dinkova, V. Shopska, and M. Kaneva, “Influence of the Time of Bilberry (*Vaccinium Myrtillus* L.) Addition on the Phenolic and Protein Profile of Beer,” *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, vol. 21, no. 1, pp. 5–15, 2022, doi: 10.17306/J.AFS.2022.1005.
- [11] J. G. da Silva, “Evaluation of the antioxidant power in blueberry craft beer,” Instituto Superior Técnico, 2019. [Online]. Available: https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/1689244997259897/Extended_Abtract_Jose_Silva_Final.pdf
- [12] Y. Cheng *et al.*, “Fermented blueberry pomace with antioxidant properties improves fecal microbiota community structure and short chain fatty acids production in an in vitro mode,” *LWT - Food Sci. Technol.*, vol. 125, p. 109260, May 2020, doi: 10.1016/J.LWT.2020.109260.

- [13] N. De Simone *et al.*, “Autochthonous Biological Resources for the Production of Regional Craft Beers: Exploring Possible Contributions of Cereals, Hops, Microbes, and Other Ingredients,” *Foods*, vol. 10, pp. 1–16, 2021, doi: 10.3390/foods10081831.
- [14] R. H. Sampieri, C. F. Collado, and M. del P. B. Lucio, *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*, 6ta edición. 2014.
- [15] AOAC International, “Official Method 2005.02: Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fruit Juices, Beverages, Natural Colorants, and Wines—pH Differential Method.” Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, 2005. [Online]. Available: https://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=1684
- [16] AOAC International, “Official Method 981.12: Hydrogen Ion Concentration (pH) of Beverages.” Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, 1990. [Online]. Available: https://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=1159
- [17] American Public Health Association (APHA), *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington, D.C.: APHA Press, 2015. [Online]. Available: <https://www.standardmethods.org/>
- [18] American Society of Brewing Chemists (ASBC), “Beer-4: Extract—Apparent, Original, Real, and True.” ASBC, St. Paul, MN, 2011. [Online]. Available: <https://www.asbcnet.org/Methods/BeerMethods/pages/default.aspx>
- [19] AOAC International, “Official Method 935.21: Alcohol in Beer by Distillation.” Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, 1990. [Online]. Available: https://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=1536
- [20] C. Nasuti and L. Solieri, “Yeast Bioflavoring in Beer : Complexity Decoded and Built up Again,” *fermentation*, vol. 10, no. 183, 2024, doi: <https://doi.org/10.3390/>.
- [21] M. E. Schreckinger, J. Lotton, M. A. Lila, and E. G. de Mejia, “Berries from South America: a comprehensive review on chemistry, health potential, and commercialization.,” *J. Med. Food*, vol. 13, no. 2, pp. 233–246, 2010, doi: 10.1089/jmf.2009.0233.
- [22] P. Markakis, *Anthocyanins as Food Colors*. New York: Academic Press, 2012. [Online]. Available: <https://www.elsevier.com/books/anthocyanins-as-food-colors/markakis/978-0-12-472550-8>



Revista Micaela

ISSN: 2955-8646 (en línea) / 2709-8990 (Impresa)
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
Vice Rectorado de Investigación – Perú

Vol. 6 Num. 2 (2025) - Publicado: 24/12/25
<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025>

Páginas: 77 - 85
Recibido 14/12/2025; Aceptado 23/12/2025

<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025.190>

Edición Especial: Cosmovisión Andina –2025

Autores:

1. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0004-7585-389X> Edward Condori Puma, estudiante de pre grado de la Universidad Nacional de Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 221068@unamba.edu.pe
2. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0000-2459-7014> Guisela Sherly Estrada Aroni, estudiante de pre grado de la Universidad Nacional de Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 221073@unamba.edu.pe
3. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0006-9210-6612> Yudith Sharmely Benito Soria, estudiante de pre grado de la Universidad Nacional de Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 231006@unamba.edu.pe
4. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0001-5166-1031> José Wilmar Espinoza Borda, estudiante de pre grado de la Universidad Nacional de Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 231015@unamba.edu.pe
5. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0005-6231-7913> Valery Ponce Valer, estudiante de pre grado de la Universidad Nacional de Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 221034@unamba.edu.pe
6. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0001-4957-8925> Jorge Beltrán Mendoza Cáceres, docente de la Universidad Nacional de Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 221034@unamba.edu.pe

acid (EAA) profile. With this data, the amino acid quality will be calculated using the ISO 24382:2023 standard to identify the limiting amino acid. The results are expected to provide the necessary scientific evidence to value Lambrama pollen, promoting its recognition as a strategic nutritional resource and boosting the economic development of beekeepers in the region.

Keywords: Bee pollen, *Apis mellifera*, protein quality, amino acid profile, proximate analysis.

Caracterización proximal y perfil de aminoácidos del polen apícola (*Apis mellifera*) en relación con el perfil palinológico de Lambrama, Apurímac: como un potencial recurso nutricional

Proximate characterization and amino acid profile of bee pollen (*Apis mellifera*) in relation to the palynological profile of Lambrama, Apurímac: as a potential nutritional resource

Edward Condori Puma¹, Guisela Sherly Estrada Aroni², Yudith Sharmely Benito Soria³, José Wilmar Espinoza Borda⁴, Valery Ponce Valer⁵ y Jorge B. Mendoza Cáceres⁶

Resumen. El presente trabajo es la descripción de un poster científico que participará en el FERCYT 2025, aborda la subvaloración del polen apícola (*Apis mellifera*) en el distrito de Lambrama - Apurímac. Actualmente este recurso se comercializa sin sustento científico respecto a su calidad nutricional. El objetivo general de esta investigación es determinar la calidad proteica y el perfil de aminoácidos del polen de Lambrama, vinculándolo a su origen botánico. La metodología propuesta es de tipo descriptivo-analítico. Se recolectarán muestras de polen en una temporada de floración determinada, las cuales se someterán a análisis palinológico, análisis proximal por métodos de la asociación de químicos analíticos oficiales (AOAC) y cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) para cuantificar el perfil de aminoácidos esenciales (AAE). Con estos datos, se calculará la calidad de aminoácidos usando el patrón ISO24382:2023. para identificar el aminoácido limitante. Se espera que los resultados provean la evidencia científica necesaria para valorizar el polen de Lambrama, promoviendo su reconocimiento como un recurso nutricional estratégico y potenciando el desarrollo económico de los productores apícolas de la región.

Palabras clave: Polen apícola, *Apis mellifera*, calidad proteica, perfil de aminoácidos, análisis proximal.

Abstract. This paper describes a scientific poster that will be presented at FERCYT 2025, addressing the undervaluation of bee pollen (*Apis mellifera*) in the Lambrama district of Apurímac. Currently, this resource is commercialized without scientific support regarding its nutritional quality. The general objective of this research is to determine the protein quality and amino acid profile of Lambrama pollen, linking it to its botanical origin. The proposed methodology is descriptive-analytical. Pollen samples will be collected during a specific flowering season and subjected to palynological analysis, proximate analysis using methods from the Association of Official Analytical Chemists (AOAC), and high-performance liquid chromatography (HPLC) to quantify the essential amino

1 Introducción

La región de Apurímac posee una biodiversidad y un potencial agropecuario significativo; sin embargo, enfrenta desafíos crónicos de seguridad alimentaria y anemia [1]. Paralelamente, la apicultura regional ha sido tradicionalmente subvalorada, orientándose sobre todo a la extracción de miel y relegando productos de alto valor nutricional como el polen apícola.

El polen es reconocido por su alta concentración en proteínas [2], pero su verdadero valor nutricional reside en la calidad de dicha proteína [3], definida por su perfil de aminoácidos esenciales (AAE) y su digestibilidad. Esta composición es un reflejo directo de la flora local [4]. Es así que, en el distrito de Lambrama, el polen deriva de un ecosistema altoandino único, pero hoy en día se comercializa sin criterios técnicos, con base en el peso y no en su calidad nutricional [5]. El eje del problema es la ausencia de datos publicados que caractericen el contenido proteico y perfil de aminoácidos del polen proveniente de la floración del distrito de Lambrama, lo cual ocasiona una subvaloración nutricional y económica del producto. Esta ausencia, limita que los apicultores accedan al mercado de productos apícolas en base a las propiedades nutricionales del polen e impide que este sea recomendado técnicamente en estrategias de diversificación dietética para coadyuvar en la mejora en la alimentación de la población y regional.

La falta de información confiable y verídica acerca del polen apícola genera dos consecuencias negativas:

- Desaprovechamiento nutricional: Apurímac enfrenta desafíos persistentes como la anemia y desnutrición crónica proteica. [1] El polen, es un candidato ideal para complementar dietas deficientes [6], dada su alta concentración proteica. No obstante, en la nutrición humana, la síntesis de proteínas funcionales depende de un perfil de aminoácidos esenciales (AAE) del alimento consumido [7]. La ausencia de la información proximal, AAE y el aminoácido limitante del polen Lambramino, imposibilita la recomendación técnica en estrategias de diversificación dietética.
- Subvaloración económica: Los apicultores locales no pueden acceder a mercados diferenciados (productos con beneficios nutricionales comprobados) porque carecen de la evidencia científica (certificados de composición) que respalden la calidad de su producto.

Los recientes avances en el desarrollo de normas destinadas a describir las propiedades y establecer estándares de calidad del polen apícola representan un aporte importante para evaluar su valor nutricional y ofrecer respaldo técnico a los apicultores. Sin embargo, a pesar de la existencia de estas normas, en la actualidad no se dispone de una caracterización detallada del contenido proximal ni del perfil de aminoácidos esenciales (AAE) del polen apícola en la región.

Si bien se cuenta con una población considerable de apicultores en Apurímac, que buscan acceder a mercados más exigentes, carecen de sustento técnico y científico que contribuya a la valoración de sus productos, en específico del polen apícola.

Por ello, esta investigación tiene como propósito determinar la caracterización proximal y perfil de aminoácidos del polen apícola de Lambrama, identificando, además, su perfil palinológico para confirmar su origen botánico. La investigación incluye la determinación proximal a través de métodos gravimétricos estandarizados y la determinación del perfil de aminoácidos comparado con la muestra patrón de Amino Acid Score (AAS) según la norma ISO24382:2023.

2 Marco teórico

Según Saša Prdun para el 2021 no existía ningún estudio sistemático sobre la caracterización química del polen apícola [8]. No obstante, para el 2023 la organización Internacional de Normalización (ISO) norma las especificaciones técnicas del polen de abeja con la ISO24382:2023, donde se plantea las propiedades nutricionales necesarias para reconocer al polen apícola como producto nutricional de alta calidad.

Tabla1. Rango de Composición Proximal del Polen Apícola en regiones montañosas (g/100 g)

Componente	Rango Reportado (%)	Rango Reportado (%)
	multifloral	Unifloral
Humedad	17.34 ± 0.05	17.63 ± 0.05
Ceniza	2.33 ± 0.01	2.46 ± 0.01
Proteínas	18.09 ± 0.18	19.33 ± 0.28

Lípidos totales	10.60 ± 0.21	11.76 ± 0.13
Azúcares totales	45.42 ± 1.01	45.80 ± 0.60
Fructosa	17.68 ± 0.36	18.82 ± 0.19
Glucosa	14.66 ± 0.59	15.60 ± 0.32
Sacarosa	9.72 ± 0.22	8.54 ± 0.29
Maltosa	2.94 ± 0.17	2.49 ± 0.11
Melecitosa	0.38 ± 0.02	0.27 ± 0.03
Rafinosa	0.16 ± 0.04	0.15 ± 0.05

Fuente: Saša Prdun, Caracterización del polen de abeja: propiedades fisicoquímicas, composición del espacio de cabeza y perfiles espectrales FTIR.

Al igual que la tabla 1 [8] existen muchas investigaciones científicas dando énfasis al estudio y la importancia de las propiedades nutricionales del polen, mismo interés se refleja en la región de Apurímac [9].

3 Antecedentes

Diversos estudios internacionales han evidenciado el alto valor biológico y nutricional del polen apícola, destacando su potencial como fuente proteica natural y su relevancia tanto en la nutrición humana como en la apícola. En Arabia Saudita [10], se analizó el polen apícola de alfalfa, palma datilera, colza, calabaza de verano y girasol, el polen de alfalfa presentó 20,23 g/100 g de proteína cruda y 12,51 g/100 g de aminoácidos totales, mientras que el de palma datilera mostró 42,87% de aminoácidos esenciales, confirmando que la composición proteica depende del origen floral. De manera similar, en Uruguay [11] se comprobó que la calidad proteica del polen varía según la diversidad floral disponible, con contenidos de proteína cruda entre 14,5 % y 41,5 %, lo que garantiza una alimentación equilibrada para las colonias. En Venezuela [12], el análisis químico y fisicoquímico del polen apícola permitió establecer una base de datos para su control de calidad, encontrando que el polen amarillo presentó un 37,32 % de proteínas. Asimismo, investigaciones en Portugal [13] demostraron que la digestibilidad proteica promedio fue del 69 % para el polen, reforzando su valor como suplemento natural de alta calidad.

Por su parte, estudios nacionales han resaltado la calidad nutricional y diversidad botánica del polen apícola peruano. En regiones de la selva central [14], se reportaron contenidos proteicos entre 32,35 % y 42,44 %, siendo el polen de Oxapampa el de mayor valor, lo que evidencia su potencial como fuente natural de proteínas. En Lambayeque [15], la incorporación de polen en dietas de cuyes en etapa de engorde mejoró el aprovechamiento del alimento y el aumento de peso, demostrando su aplicabilidad en la nutrición animal. De igual manera, estudios realizados en El Cafetal, Cayaltí [16], identificaron especies florales dominantes como *Acacia macracantha* y *Prosopis pallida*, con contenidos proteicos entre 13,7 % y 17,3 %. Finalmente, en Ayacucho [17], se caracterizó el polen de 83 especies agrupadas en 33 familias, destacando la diversidad morfológica y estacional de las especies preferidas por *Apis mellifera*, como *Brassica campestris*, *Schinus molle* y *Eucalyptus globulus*. En conjunto, estos estudios reafirman la variabilidad botánica y el valor nutricional del polen apícola nacional, aportando bases científicas para su caracterización y aprovechamiento como recurso alimenticio.

4 Planteamiento del problema

La investigación parte de la subvaloración nutricional y económica del polen apícola en el distrito de Lambrama, Apurímac, el cual se comercializa actualmente sin sustento científico ni criterios técnicos, basándose únicamente en el peso y no en su calidad. Esta situación genera un desaprovechamiento de un recurso con alto potencial para combatir problemas regionales como la anemia y la desnutrición crónica, debido a la ausencia de datos publicados sobre su contenido proteico, perfil de aminoácidos esenciales y la identificación de sus aminoácidos limitante. Ante este panorama, el estudio busca responder a la interrogante general sobre cuál es la caracterización proximal y el perfil de aminoácidos del polen apícola (*Apis mellifera*) en relación con el perfil palinológico en el distrito de Lambrama, como base para su valoración como un recurso nutricional. Específicamente se cuestiona cuál es su composición palinológica y proximal, que calidad tiene su perfil de aminoácidos en comparación con los estándares ISO 24382:2023, y qué características debe poseer para satisfacer las necesidades del mercado consumidor como un subproducto con potencial alimenticio.

5 Objetivos

El objetivo general de este estudio es determinar la caracterización proximal y el perfil de aminoácidos del polen apícola (*Apis mellifera*) en relación con el perfil palinológico en el distrito de Lambrama, con el fin de valorizarlo como un recurso nutricional estratégico en la región de Apurímac. Para alcanzar esta meta, se ha planteado objetivos específicos que incluyen la identificación de composición botánica mediante el análisis de granos de polen y la determinación de su composición proximal (humedad, cenizas, proteínas y grasas). Asimismo, la investigación se propone analizar detalladamente el perfil de aminoácidos y calcular el valor del Amino Acid Score (AAS) frente a los parámetros solicitados por la ISO 24382:20223 para identificar el aminoácido limitante.

Finalmente se busca identificar las características técnicas y nutricionales necesarias para que el polen sea reconocido como un insumo con potencial alimenticio que responda a las demandas del consumidor y fortalecer la economía de los productores apícolas de Apurímac.

6 Método

El estudio seguirá un tipo de investigación básica de nivel descriptivo-analítico, porque se basa en la caracterización y análisis de variables con un enfoque cuantitativo comparativo por ser una investigación no experimental. La metodología se enfocará en medir y caracterizar la composición proximal, perfil AAE y perfil palinológico del polen Apícola de Lambrama, buscando preservar su estado natural. Finalmente, mediante procedimientos analítico se establecerá relaciones entre estas variables y comparará los resultados de AAS con el patrón muestral ISO24382:2023.

6.1 Población y muestra

El total poblacional del polen apícola corbicular será recolectado de colmenas de *Apis mellifera* durante las temporadas de primavera y verano en el distrito de Lambrama. Se utilizará un muestreo no probabilístico intencional de dos etapas, seleccionando treinta apiarios como muestra (N=30) de una población total de 96 apicultores representativos de las zonas agroecológicas de Lambrama 20 apicultores (N=6), Caype 23 apicultores (N=7), Siusay 12 apicultores (N=4), Atancama 15 apicultores (N=5), Marjuni 10 apicultores (N=3), Pichiuca 16 apicultores (N=5) del distrito. Se seleccionaron un total de treinta apicultores y se instalarán trampas de polen. El polen recolectado de tres colmenas de cada apicultor se mezclará para formar una muestra compuesta (pool) por apiario formando un total de N=30 muestras compuestas. Este tipo de muestreo permite asegurar que la muestra compuesta capte las variaciones en el perfil palinológico y proximal.

Figura 1. Sectorización de área de aplicación de estudio



6.2 Técnicas e Instrumentos

Técnicas: Muestreo en campo mediante trampas de polen; análisis palinológico (Acetólisis, Microscopía Óptica), la determinación proximal utilizara los métodos oficiales de la Asociación Internacional de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC). La proteína cruda se cuantificará mediante el método Kjeldahl (AOAC 984.13), empleando el factor de conversión N x 6.25, se detallan también: humedad (AOAC 934.01), cenizas (AOAC 942.05), grasa o extracto etérico (AOAC 920.39), cuantificación de aminoácidos por métodos de cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) y Análisis de Mercado (Análisis documental).

Instrumentos y Equipos: Trampas de polen, GPS, refrigerador, Fichas de recolección, Microscopio óptico, equipo Kjeldahl, mufla, estufa, balanza analítica, equipo Soxhlet, equipo HPLC, estándares de aminoácidos, software estadístico.

Compromiso de Apicultores: Para la ejecución del estudio del perfil palinológico y de aminoácidos de los productos apícolas, se solicitará a los apicultores seleccionados la firma de una Carta de Compromiso que formalizará su participación en el proyecto de investigación.

Mediante este documento, los productores declararán su plena conformidad voluntaria para el uso de las muestras de productos apícolas recolectadas en sus respectivas zonas de trabajo, así como su disposición a colaborar activamente en la obtención de cualquier información adicional que sea necesaria para llevar a cabo el análisis.

Análisis Estadístico: Se utilizará estadística descriptiva (medias, desviación estándar, rangos) para presentar los resultados de los perfiles (palinológico, proximal, aminoácidos esenciales). El cálculo del aminoácido esenciales (AAS) se realizará mediante la fórmula estándar. El análisis principal será descriptivo-comparativo, contrastando los valores de Lambra con los estándares reportados en la literatura.

Se contará con la ayuda de software como son Agilent Chemstation, Microsoft Excel 2019, Análisis de varianza ANOVA, y otros.

Análisis de riesgos y contingencias:

El desarrollo del estudio podría verse afectado por factores operativos, ambientales y logísticos propios del manejo de colmenas y del análisis de laboratorio. Entre los principales riesgos identificados se considerarán

1. Condiciones climáticas adversas que limiten el acceso a los apiarios o alteren la producción de polen.
Contingencia: reprogramación del muestreo dentro de la misma semana y coordinación previa con los apicultores para garantizar disponibilidad.
2. Baja actividad de las colmenas durante la recolección, lo que podría reducir la cantidad de polen disponible.
Contingencia: incrementar el número de colmenas evaluadas o ampliar la franja horaria de recolección.
3. Fallas en trampas o pérdida accidental de muestras, que podrían comprometer la representatividad del muestreo.
Contingencia: disponer de trampas de reserva y recolectar muestras duplicadas cuando sea posible.
4. Contaminación cruzada o deterioro de muestras durante el traslado o almacenamiento.
Contingencia: emplear contenedores herméticos, control de temperatura (-20 °C) y registro documentado de cadena de custodia.
5. Fallas en equipos de laboratorio (HPLC, estufa, Soxhlet, balanzas, etc.) que retrasen los análisis proximales o el análisis de aminoácidos.
Contingencia: coordinar el uso de equipos alternativos dentro de la institución, o reprogramar el análisis priorizando la estabilidad de las muestras congeladas.
6. Riesgos logísticos o de disponibilidad del personal estudiantil, dado que el proyecto es ejecutado por equipos académicos.
Contingencia: cronograma flexible, distribución equilibrada de responsabilidades y supervisión continua del docente asesor.

7 Equipo de trabajo

Se forma una estructura de colaboración horizontal, donde cada especialista aporta su experiencia para un fin común, garantizando que las metodologías de muestreo sean compatibles con las demandas de precisión del laboratorio y que los resultados esperados sean éticamente compartidos con el apicultor Apurimeño.

El investigador Principal: Es la cabeza estratégica del proyecto de investigación, responsable de la dirección general y el aseguramiento del rigor científico. Sus actividades clave incluyen la validación del diseño muestral para las 30 muestras compuestas y la supervisión del cálculo final del Amino Acid Score (AAS). Es el principal enlace con los

apicultores, asegurando la firma de las cartas de compromiso y la gestión de la actualización y publicación del manuscrito de la investigación.

El especialista de campo: Sera el responsable de la ejecución operativa de la Fase 1 de la parte procedimental en el distrito de Lambrama, centrándose en la apicultura práctica realizando el mapeo preciso de los 30 apiarios seleccionados con coordenadas GPS y la instalación de trampas de polen. Se encarga de la recolección diaria, limpieza y acondicionamiento de las muestras, asegura principalmente de la cadena de frío.

La especialista en Palinología: Se enfoca en la fase 2, es responsable de ejecutar la técnica de acetólisis de Herdman, un método estándar, para preparar las muestras y asegurar que el estudio de perfil palinológico cumpla con los criterios de clasificación y especificaciones de las normas.

Especialista de Laboratorio Proximal: Se encarga de la fase 3, realizando la caracterización fisicoquímica básica del polen, Ejecutará los análisis proximales por triplicado, cumpliendo estrictamente con los métodos oficiales de la AOAC para los parámetros de humedad, ceniza, proteína cruda y grasa. Verificará constantemente la calibración de los equipos gravimétricos y el uso de materiales de referencia certificada.

Especialista de Laboratorio HPLC: Responsable para la determinación precisa del perfil de aminoácidos esenciales (AAE), el cual implica el desarrollo y validación del método de cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC), incluyendo las complejas etapas de hidrólisis y la derivatización pre- columna de los aminoácidos.

8 Procedimiento

Fase 1: Preparación y recolección: Mapeo de las 6 zonas con apiarios, instalación de trampas, recolección diaria de polen corbicular fresco, limpieza y acondicionamiento (secado a $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ o congelación a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Fase 2: Análisis Palinológico: Se aplicará el método de acetólisis de Herdman para el análisis de las muestras. Se realizará un conteo e identificación de un mínimo de 500 granos de polen por muestra bajo microscopio óptico, con el objetivo de determinar la flora dominante. Este parámetro permitirá la clasificación del polen apícola según la norma ISO 24382:2023

Fase 3: Análisis proximal: Las muestras se analizarán por triplicado siguiendo los métodos oficiales de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC). Se determinarán los siguientes parámetros: humedad (AOAC 934.01), cenizas (AOAC 942.05), proteína cruda (AOAC 984.13, Kjeldahl, N x 6.25) y grasa/extracto etérico (AOAC 920.39, Soxhlet). Los carbohidratos totales se calcularán por diferencia.

Fase 4: Análisis de aminoácidos por HPLC: La proteína de las muestras será hidrolizada (ácida y alcalina para la cuantificación de triptófano). Los aminoácidos se cuantificarán mediante Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC). Con los resultados obtenidos, se calculará el Amino Acid Score (AAS) para cada AAE, comparándolo con la muestra patrón ISO24382:2023. El AAE con el AAS más bajo será identificado como el primer aminoácido limitante.

Fase 5: Análisis del potencial de mercado: Se evaluará la viabilidad comercial del polen apícola considerando sus características nutricionales y su composición en aminoácidos esenciales. Con base en los resultados, se propondrá el desarrollo de productos nutricionales derivados del polen apícola, orientados al consumo humano como suplementos o alimentos funcionales.

9 Validación de metodología HPLC-AQC

La validez de metodología de cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) para la cuantificación de aminoácidos totales en el polen de Lambrama se realizará conforme a los lineamientos de las directrices de la Conferencia Internacional sobre amortizaciones (ICH Q2(R1))

La metodología requiere una hidrólisis completa de la matriz de proteínas porque la metodología se enfoca en la determinación de los aminoácidos totales, para lo cual requiere inicialmente la hidrólisis de 17 aminoácidos (Asp, Glu, Ser, His, Gly, Arg, Thr, Ala, Pro, Cys2, Tyr, Val, Met, Lys, Ile, Leu y Phe) mediante el protocolo ácido donde la muestra de polen en polvo (1g) se mezcla con 10mL de HCL 6 mol/L conteniendo 0,5 % de fenol, sellado bajo nitrógeno y calentado a $110 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas. Para la cuantificación de Triptófano se integrará un protocolo complementario de hidrólisis alcalina para su cuantificación. [18]

Los aminoácidos liberados se someterán a derivatización precolumna utilizando el reactivo carbamato de 6-aminoquinolil-N-hidroxisuccinimido (AQC), parte de la química AccQ-Tag. Este reactivo confiere a los aminoácidos la hidrofobicidad necesaria para la separación en fase reversa y un cromóforo para su detección. La derivatización se completa calentando la mezcla con el tampón borato y el reactivo AQC a 55 °C durante 10 minutos.

Condiciones cromatográficas Óptimas

La separación se llevará a cabo en un equipo con sistema HPLC (Agilent Serie 1260) con un detector de matriz de diodos (DAD), donde la separación de los 17 aminoácidos se realizará en una columna de fase reversa Agilent Poroshell 120 EC-C18 (50 x 2.1 mm, 2,7 µm). La tecnología de partículas superficialmente porosa de esta columna permitirá lograr una separación rápida con alta eficiencia de pico. [18]

En las fases móviles el disolvente A concentra el eluyente AccQ - Tag Ultra, diluido 10 veces, ajustado a pH 5.05, mientras que el disolvente B 60 % de acetonitrilo (ACN). Logrando la separación final a través del programa gradiente de los 17 aminoácidos dentro de 10 minutos aproximadamente.

Validación del Método (ICH Q2(R1))

- Linealidad y rango: Se evaluará mediante curvas de calibración de cinco niveles de concentración para cada aminoácido, donde los coeficientes de correlación R^2 obtenidos para todos los analitos se sitúan en el rango de 0.9950 a 0.9999 para asegurar que la relación entre la concentración de aminoácidos y la respuesta del detector sea robusta y predecible en los rangos de concentración relevantes para el polen.
- Sensibilidad: Se determinará mediante la relación señal-ruido (S/R) en la cromatografía de la mezcla estandar, para lo cual el Límite de Detección (LOD), calculado en (S/N), tendrá una calibración igual o menor a 0.034 µg/mL y el Límite de Cuantificación (LOQ), calculado en (S/N), tendrá una calibración igual o menor a 0.232 µg/mL
- Precisión: Determinada mediante la Desviación Estandar Relativa (RSD), tomando en cuenta la repetibilidad y la precisión intermedia dentro de los parámetros aceptables.
- Exactitud: Medida mediante el porcentaje de recuperación tras la adición de estándares de muestras de polen pre-analizadas en tres niveles de concentración (50 %, 100 % y 150 %).
- Efecto Matriz: Parámetro crítico para muestras complejas como el polen, se calculará comparando las áreas de los estándares enriquecidos en la muestra con las áreas de los estándares en disolvente puro.

10 Resultados Esperados

Caracterización proximal

Se espera que el polen apícola de *Apis mellifera* recolectado en Lambrama presente un contenido de humedad entre 13 % y 22 %, rango adecuado que asegura la conservación del producto sin favorecer el desarrollo microbiano. El contenido de cenizas se proyecta entre 1.8 % y 2.8 %, lo que evidenciaría una adecuada presencia de minerales esenciales como calcio, potasio y magnesio. En cuanto a las proteínas, se estima un rango de 15 % y 23 %, lo cual resalta el alto valor nutricional del polen y su potencial como fuente de aminoácidos esenciales. Los lípidos totales se esperan entre 6 % y 14.5 %, indicando una proporción favorable de ácidos grasos que contribuyen al aporte energético del producto. En conjunto, estos resultados permitirán caracterizar al polen apícola de Lambrama como un alimento funcional con propiedades nutricionales adecuadas para la elaboración de suplementos nutricionales y alimentos funcionales.

Perfil de aminoácidos

Se espera la presencia de los nueve aminoácidos esenciales, destacando la lisina, leucina y valina. El Amino Acid Score (AAS) se proyecta por encima del 70 % respecto al patrón muestral ISO24382:2023. Además, se anticipa que el aminoácido limitante sea metionina o triptófano, como suele pasar en los pólenes andinos. Estos resultados permitirán valorar el potencial proteico y la biodisponibilidad del polen apícola de Lambrama como fuente alternativa de aminoácidos esenciales.


11 Agradecimiento

Expresamos nuestro agradecimiento al Vicerrectorado de Investigación y a nuestra casa de estudios, la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Por el apoyo proporcionado para la realización de este trabajo de investigación. De igual forma, agradecemos a nuestros asesores, el Ing. Jorge Mendoza Cáceres y el Dr. Julián Oré Leiva, por su orientación y acompañamiento para el desarrollo del estudio. Esta experiencia nos permitió fortalecer nuestra formación profesional y aprender a trabajar en un equipo multidisciplinario ayudando a tener diferentes enfoques en el desarrollo y aporte del conocimiento de proyectos innovadores, que contribuyen al desarrollo social y económico de la región.

12 Referencia

- [1] Gobierno Regional de Apurímac, «Plan Regional de desarrollo Regional concertado Apurímac al 2030,» Apurímac, 2023.
- [2] M. Thakur y V. Nanda, «Composición y funcionalidad del polen de abeja: una revisión,» ELSEVIER, 2020.
- [3] M. K. Crone y C. M. Grozinger, «El contenido de proteínas y lípidos del polen influye en la resistencia a los insecticidas en las abejas melíferas (*Apis mellifera*),» Experimental Biology, 2021.
- [4] M. A. O. C. M. C. P. N. J. A.-A. N. C. N. Campos, «Métodos estándar para la investigación del polen,» Taylor & francis, 2020.
- [5] Y. Caballero, «Apurímac: la agricultura familiar en tiempos de pandemia.,» La Revista Agraria, 2021.
- [6] R. Kacemi y M. G. Campos, «Translational Research on Bee Pollen as a Source of Nutrients:,» nutrients, 2023.
- [7] O. M. D. L. SALUD, «PATRONES DE PUNTUACIÓN DE AMINOÁCIDOS,» ESN, 1981.
- [8] S. Prdun, L. Svečnjak, M. Valenti'c y Z. Marijanovi'c, «Characterization of Bee Pollen: Physico-Chemical Properties,Head-space Composition and FTIR Spectral Profiles,» foods, 2021.
- [9] Agro Perú, «Mejoramiento de capacidades en buenas prácticas apícolas y la producción de reinas,» Agraria.PE, 2022.
- [10] E.-K. A. Taha , S. Al-Kahtani y R. Taha, «Protein content and amino acids composition of bee-pollens from major loral sources in Al-Ahsa, eastern Saudi Arabia,» Saudi Journal of Biological Sciences, Vols. %1 de %2Vol. 26, pp. 232–237, 2019.
- [11] E. Santos , I. Invernizzi, E. García, C. Cabrera, R. Di Landro, A. Saadoun y G. Daners, «Contenido de proteína cruda del polen de las principales especies botánicas utilizadas por las abejas melíferas en Uruguay,» Agrociencia, vol. Vol. XIII, n° No. 2, p. pp. 9–13, 2009.
- [12] P. Vit y B. Santiago, «Composición química de polen apícola fresco recolectado en el páramo de Misintá de los Andes venezolanos,» Archivos Latinoamericanos de Nutrición (Órgano oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición), vol. Vol. 58, n° No. 4, 2008.
- [13] V. Aylanc, S. I. Falcão y M. Vilas-Boas, «Bee pollen and bee bread nutritional potential: Chemical composition and macronutrient digestibility under in vitro gastrointestinal system,» Food Chemistry, vol. Vol. 413, n° 135597, 2023.
- [14] Y. J. Camarena y E. Z. Miranda, «Carotenoides y vitamina C del polen procedente de las ciudades de Tarma, Pichanaki y Oxapampa,» Tarma, Perú, 2017.
- [15] E. C. AMANDA , «POLEN DE ABEJAS, EN LA RACION DE,» Lambayeque — Perú , 2017.
- [16] I. Kelina , C. Saavedra , . I. Consuelo y G. E. Delgado , «Características polínicas y composición química del polen apícola colectado en Cayaltí (Lambayeque - Perú),» scielo.cl, vol. vol. 40, n° no. 1, 2013.
- [17] A. APONTE , «"CARACTERIZACION DEL POLEN DE LAS PRINCIPALES ESPECIES VEGETALES APICOLAS EN EL CENTRO EXPERIMENTAL WAYLLAPAMPA 2470 msnm, AYACUCHO",» Ayacucho, Peru , 2012.
- [18] L. Li, X. Zhang, X. Wang, Y. Qiu, W. Li, L. Guo y Q. Shen, «Control de calidad de productos polínicos en el mercado mediante análisis cuantitativo de aminoácidos totales con cromatografía líquida,» Heliyon, p. 10, 2024.
- [19] C. T. . I. 3. 19, «ISO/TC 34/SC 19 :Bee pollen production,» 2025.
- [20] G. J. Kleinschmidt y . A. C. and Kondos, «Influence of crude protein levels on colony production.,» The Australian Beekeeper, vol. 78, p. 36–39, 1976.

Anexo 1. Poster Científico



CARACTERIZACIÓN PROXIMAL Y PERFIL AMINOACÍDICO DEL POLEN APÍCOLA (*Apis mellifera*) EN RELACIÓN AL PERFIL PALINOLÓGICO DE LAMBAMA, APURÍMAC: COMO POTENCIAL RECURSO NUTRICIONAL

Edward Condori-Puma¹, Guisela Sherly Estrada-Aroni², Yudith Sharmely Benito-Soria², José Wilmar Espinoza-Borda², Valery Ponce-Valer² y Jorge B. Mendoza Cáceres² Julián Oré Leiva²

RESUMEN

El polen apícola de Lambrama (Apurímac) es un recurso subvalorado, comercializado sin respaldo científico sobre su calidad nutricional. Este estudio busca determinar su composición proximal, perfil aminoacídico y origen botánico, mediante análisis palinológico, análisis proximal (AOAC) y cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC). Se calculará el Amino Acid Score (AAS) según el patrón muestral ISO24382:2023 para identificar el aminoácido limitante. Los resultados permitirán valorizar el polen como recurso nutricional estratégico y fortalecer la economía de los apicultores locales.

PALABRAS CLAVES

Polen apícola, *Apis mellifera*, calidad proteica, perfil aminoacídico, análisis proximal, Amino Acid Score (AAS).


MARCO TEÓRICO

Para el (2023) la organización Internacional de Normalización (ISO) norma las especificaciones técnicas del polen de abeja con la ISO24382:2023.

Tabla 1. Rango de Composición Proximal del Polen Apícola en regiones montañosas (g/100 g)

Componente	Rango Reportado (%)
Humedad	13%-22%
Ceniza	1.8%-2.8%
Proteínas	15%-23%
Lípidos totales	6%-14.5%

Fuente: Manta Thakur. TEÓRICO



JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación se justifica por las siguientes razones:

- Metodológico porque va permitir generar un método que puede ser usado en futuras investigaciones.
- Teórico porque va permitir contrastar los resultados existente.
- Social debido al impacto económico y de información para los apicultores.


PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Problema general

- ¿Cuál es la caracterización proximal y el perfil aminoacídico del polen apícola (*Apis mellifera*) en relación con su perfil palinológico en el distrito de Lambrama, Apurímac, como base para su valorización como recurso nutricional?


Problemas específicos

- ¿Cuál es la composición botánica (perfil palinológico) del polen apícola recolectado en Lambrama?
- ¿Cuál es la composición proximal del polen apícola de Lambrama?
- ¿Cuál es el perfil aminoacídico del polen apícola de Lambrama?
- ¿Cuál es el valor del Amino Acid Score (AAS) del polen de Lambrama en comparación con la muestra patrón ISO24382:2023 y cuál es su aminoácido limitante?
- ¿Cuáles son las características que debe tener un subproducto con potencial alimenticio para satisfacer las necesidades del mercado consumidor?



HIPOTESIS

- El polen apícola (*Apis mellifera*) recolectado en el distrito de Lambrama presenta una composición proximal y un perfil aminoacídico de alta calidad nutricional, relacionados con un perfil palinológico, lo que permite su valorización como recurso alimenticio funcional y potencialmente comercializable.



METODOLOGÍA

Tipo de Investigación: Básica, porque permite enriquecer los conocimientos en las ciencias de las ingeniería agroindustrial

Nivel de Investigación: Descriptivo-Analítico, porque se basa en la caracterización y análisis de la variable

Enfoque de Investigación: Cuantitativo, comparativo. porque se enfoca en la medición y análisis numérico de datos.

Diseño de Investigación: No Experimental, porque se observan y analizan las variables en su estado natural.

Muestra: 3 apiarios en Caype - lambrama → (Población censal). durante la temporada de primavera.

Procedimiento:

1. Recolección con trampas de polen.
2. Análisis palinológico (acetólisis, microscopía óptica).
3. Análisis proximal (humedad, cenizas, proteína, grasa, carbohidratos).
4. Perfil aminoacídico por HPLC y cálculo de AAS según patrón ISO24382:2023.ç
5. Evaluación de la viabilidad comercial del polen apícola con base en los resultados, para proponer el desarrollo de productos nutricionales derivados.



Revista Micaela

ISSN: 2955-8646 (en línea) / 2709-8990 (Impresa)
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
Vice Rectorado de Investigación – Perú

Vol. 6 Num. 2 (2025) - Publicado: 29/12/25
<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025>
Páginas: 86 - 94
Recibido 30/11/2025; Aceptado 24/12/2025

<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025.191>

Edición Especial: Cosmovisión Andina – 2025

Autores:

1. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0002-5058-5193>
Nilber Pablo Vera Sullá, estudiante de la Escuela Académica Profesional Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
2. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0004-9354-5137>
Royer Elvis Moreano Condorcuya, estudiante de la Escuela Académica Profesional Ingeniería Informática y Sistemas de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
3. **ORCID iD** <https://orcid.org/0000-0002-4917-2722>
Rodrigo Loayza Elguera, docente del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, ccsc.10.18492@gmail.com

Aplicación del método de elementos finitos para el análisis de estabilidad de taludes en el río Sahuanay, Abancay – Apurímac

Application of the Finite Element Method for the Stability Analysis of Slopes in the Sahuanay River, Abancay – Apurímac

Nilber Pablo Vera-Sullá¹, Royer Elvis Moreano-Condorcuya² y Rodrigo Loayza-Elguera³

Resumen. El presente póster científico expone una propuesta de investigación sobre la estabilidad de taludes en la ribera del río Sahuanay, en la ciudad de Abancay, una zona de alta complejidad geotécnica. Esta propuesta busca aplicar el método de elementos finitos (FEM) para evaluar el comportamiento del terreno bajo condiciones críticas de saturación y carga hidráulica. A través de la modelación numérica en los programas PLAXIS 2D y RS2, se determinará el factor de seguridad (Fs), las deformaciones y las presiones intersticiales. Los resultados permitirán identificar las zonas más vulnerables y servirán de base para el diseño de medidas de mitigación —tales como drenajes, estructuras de contención y bioingeniería— orientadas a reducir el riesgo de deslizamientos. En suma, el estudio pretende contribuir al fortalecimiento de la gestión del riesgo geotécnico y a la planificación territorial sostenible en la cuenca del río Sahuanay, Abancay - Apurímac

Palabras Clave: Póster científico, propuesta de investigación, estabilidad de taludes, método de elementos finitos, gestión del riesgo geotécnico.

Abstract. This scientific poster presents a research proposal on slope stability along the banks of the Sahuanay River in the city of Abancay, an area of high geotechnical complexity. This proposal seeks to apply the finite element method (FEM) to evaluate soil behavior under critical saturation and hydraulic loading conditions. Through numerical modeling using the PLAXIS 2D and RS2 software, the safety factor (Fs), deformations, and pore water pressures will be determined. The results will allow for the identification of the most vulnerable areas and will serve as a basis for the design of mitigation measures—such as drainage systems, retaining structures, and bioengineering—aimed at reducing the risk of landslides. In short, the study aims to contribute to strengthening geotechnical risk management and sustainable land-use planning in the Sahuanay River basin, Abancay, Apurímac.

Keywords: Scientific poster, research proposal, slope stability, finite element method, geotechnical risk management..

1 Introducción

Los taludes situados junto a ríos desempeñan un papel fundamental tanto desde el punto de vista ambiental como estructural, al actuar como barreras naturales que delimitan el cauce y contribuyen a la estabilidad de las riberas. Su adecuada conformación y protección son esenciales para prevenir procesos de erosión fluvial, socavación y deslizamientos que pueden alterar el equilibrio del ecosistema y poner en riesgo infraestructuras críticas. Además, los taludes ribereños cumplen funciones ecológicas importantes, como la filtración del agua y el soporte de vegetación, la cual refuerza el suelo y reduce la pérdida de sedimentos.

Diversos estudios internacionales han evidenciado que la inestabilidad de taludes asociados a cursos fluviales constituye uno de los principales factores de riesgo geotécnico en regiones con topografía accidentada. En contextos de alta pendiente, la infiltración de agua y la erosión lateral del cauce generan un incremento significativo en las presiones intersticiales, reduciendo la resistencia al corte del suelo y favoreciendo la ocurrencia de fallas progresivas [2]. Comprender dichos mecanismos resulta crucial para prevenir deslizamientos e implementar estrategias de mitigación sostenibles.

Este tema adquiere especial relevancia en la sierra del Perú, donde las precipitaciones intensas concentradas en temporadas cortas incrementan la vulnerabilidad de las márgenes de ríos y quebradas. Investigaciones recientes demuestran que el comportamiento no lineal de los suelos frente a variaciones de humedad puede modelarse con alta precisión mediante métodos numéricos, permitiendo reproducir los estados de esfuerzo y deformación del terreno [4].

Un antecedente significativo en la zona de estudio ocurrió en marzo de 2012, cuando una avalancha de detritos descendió por la quebrada Sahuanay, afectando áreas urbanas del distrito de Tamburco, en Abancay. Si bien la alerta temprana evitó víctimas, el evento evidenció la alta susceptibilidad de los taludes ribereños a la inestabilidad. Este suceso resalta la necesidad de estudios geotécnicos profundos en la cuenca.

En el caso específico del río Sahuanay (Apurímac), la topografía escarpada y la composición arcillosa-limosa del terreno aumentan su susceptibilidad a la inestabilidad durante periodos de saturación. Estas condiciones justifican la aplicación de modelos numéricos bidimensionales basados en el Método de Elementos Finitos (FEM). Autores como Ishak et al. [3] destacan que el FEM ofrece ventajas sustanciales frente a métodos tradicionales, al permitir la evaluación simultánea del factor de seguridad y las deformaciones.

En este contexto, la presente propuesta de investigación aplicará el método de elementos finitos para analizar la estabilidad de los taludes en la ribera del río Sahuanay. A través de la modelación en PLAXIS 2D y RS2, se evaluará el comportamiento del terreno bajo escenarios de carga hidráulica, con el objetivo de identificar zonas vulnerables y diseñar medidas de mitigación efectivas.

En este contexto, el presente documento se ha elaborado como un póster científico que sintetiza una propuesta de investigación en curso. El estudio se centrará en aplicar el método de elementos finitos (FEM) para analizar la estabilidad de los taludes en la ribera del río Sahuanay. A través del uso de herramientas como PLAXIS 2D y RS2, se busca evaluar cómo responde el terreno ante la saturación y cargas hidráulicas críticas. La finalidad principal es generar información técnica confiable que permita proponer soluciones de estabilización y contribuir a la prevención de riesgos en la cuenca.

2 Taludes

Un talud se define como una masa de suelo o roca con una superficie inclinada respecto a la horizontal. Desde el punto de vista geotécnico, su estabilidad depende del equilibrio entre las fuerzas desestabilizadoras (como la gravedad y la presión de poros) y la resistencia al corte del material [5]. Los taludes pueden ser naturales, formados por procesos geológicos como la erosión, o artificiales, resultantes de cortes y rellenos en obras de ingeniería. La **Figura 1** ilustra la geometría típica de un talud y sus componentes principales.

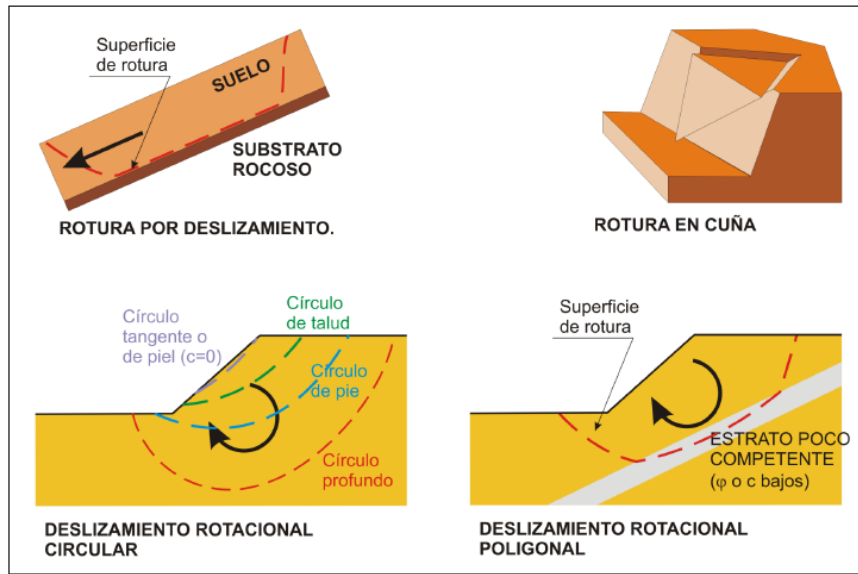
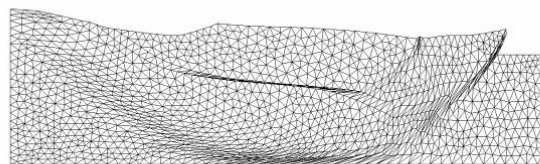


Fig 1 taludes extraído de [6]

3 Método de elementos finitos

El Método de Elementos Finitos (MEF) es una técnica de análisis numérico utilizada para resolver problemas complejos de ingeniería, dividiendo una estructura o sistema en partes pequeñas y manejables llamadas elementos finitos. A través de esta subdivisión, es posible aproximar el comportamiento físico del material o superficie frente a esfuerzos, deformaciones u otros fenómenos. Cada elemento se conecta en puntos llamados "nodos". Sobre estos elementos se aplican las ecuaciones que rigen el comportamiento físico del sistema, transformando el problema original en un sistema de ecuaciones algebraicas que puede resolverse con computadoras[7].

El método de elementos finitos (FEM) permite calcular el factor de seguridad (FS) de taludes considerando geometrías complejas, materiales heterogéneos y condiciones de carga variables. El enfoque de reducción de resistencia es común para identificar el FS y la superficie crítica de falla, sin requerir suposiciones previas sobre el mecanismo de falla[8]. En la figura 2 se muestra el uso de métodos finitos en taludes



(a) Mesh with T6 elements ($FOS=1.35$)

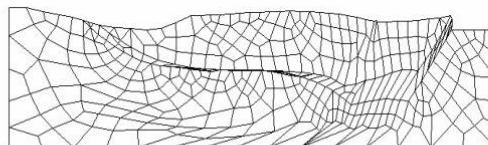


Fig 2. Uso de Métodos finitos en taludes extraído de [9]

4 Objetivos

El objetivo general de la presente propuesta de investigación consiste en analizar la estabilidad de los taludes ribereños del río Sahuanay (Abancay, Apurímac) mediante la aplicación del método de elementos finitos (FEM), con el fin de evaluar su comportamiento ante condiciones de saturación crítica y proponer medidas de mitigación técnica.

Para alcanzar este propósito principal, se han trazado metas específicas que inician con la caracterización de las propiedades físico-mecánicas, hidráulicas y geomorfológicas de los sectores críticos del talud, valiéndose de ensayos de laboratorio y levantamientos de campo para alimentar el modelo numérico. Posteriormente se modelará el comportamiento tenso-deformacional del terreno utilizando software especializado como PLAXIS 2D y RS2, lo cual permitirá simular escenarios de variación de carga hidráulica y niveles freáticos. Asimismo, se determinará la reducción del Factor de Seguridad (Fs) y el incremento de las presiones intersticiales inducidas por precipitaciones intensas para identificar los mecanismos de falla predominantes. Finalmente se propondrán medidas de estabilización y control de erosión, tales como drenajes, estructuras de contención o bioingeniería, sustentadas en los resultados del modelamiento para reducir el riesgo de deslizamientos en la zona de estudio.

5 Antecedentes

En la región sur del Perú, estudios recientes han abordado la problemática de la inestabilidad de taludes en zonas montañosas expuestas a lluvias estacionales. Rojas y Quispe [10] analizaron la estabilidad de taludes en la cuenca del río Pachachaca (Apurímac) mediante el método de equilibrio límite y modelación numérica en PLAXIS 2D, concluyendo que los procesos de saturación generan reducciones significativas del factor de seguridad, especialmente en suelos arcillosos y limosos de baja permeabilidad. Este hallazgo guarda relación directa con las condiciones geotécnicas observadas en la ribera del río Sahuanay.

De manera complementaria, Vargas et al. [11] desarrollaron un análisis comparativo entre los métodos de equilibrio límite y los elementos finitos aplicados a taludes en la cuenca del río Mariño (Apurímac). Su estudio evidenció que el método de elementos finitos proporciona una descripción más realista del comportamiento tensional-deformacional del suelo, confirmando su utilidad para el diseño de medidas de estabilización en terrenos con alta susceptibilidad a la saturación.

Finalmente, en Arequipa, Medina y Flores [12] evaluaron la estabilidad de taludes cercanos a zonas urbanas mediante PLAXIS 2D, considerando la influencia de eventos pluviométricos extremos. Su investigación concluyó que el incremento de presiones intersticiales es el factor crítico en la pérdida de estabilidad, recomendando la integración de drenajes profundos y vegetación controlada como soluciones sostenibles.

En Etiopía, Melesse et al. [13] estudiaron la estabilidad de taludes en el margen occidental del Main Ethiopian Rift, aplicando análisis numéricos mediante PLAXIS y MIDAS/GTS. Los resultados indicaron que la combinación de condiciones sísmicas y de saturación puede reducir hasta en un 40 % el factor de seguridad en suelos volcánicos alterados, enfatizando la importancia de integrar parámetros hidrogeológicos y sísmicos en la modelación de estabilidad.

Por su parte, Ishak et al. [14] realizaron un análisis comparativo entre los métodos de equilibrio límite (LEM) y el método de elementos finitos (FEM) en un talud experimental de arena silfcea. Los investigadores observaron que el modelo FEM permitió una mejor correlación entre los desplazamientos medidos en campo y los simulados, demostrando su superioridad en la representación del comportamiento tensional-deformacional bajo cargas de sobrecarga. Este estudio respalda la aplicación del FEM como técnica avanzada para el análisis de estabilidad en taludes naturales y artificiales.

6 Método

6.1. Tipo de investigación

El presente estudio corresponde a una investigación aplicada de enfoque cuantitativo y nivel explicativo, para Haradhan una investigación de tipo cuantitativo corresponde a que la información recolectada se expresa en números, porcentajes, promedios, frecuencias[15] ya que esta orientada a resolver un problema de carácter geotécnico real: la inestabilidad de los taludes ribereños del río Sahuanay, en la ciudad de Abancay, región Apurímac. La investigación se fundamenta en el uso de herramientas numéricas y experimentales que permiten modelar el comportamiento del suelo bajo distintas condiciones hidráulicas, con el objetivo de generar conocimiento técnico aplicable al diseño de medidas de mitigación y estabilización

6.2. Población y muestra

La población del estudio estará conformada por la totalidad de los taludes ubicados en la ribera del río Sahuanay, delimitando el área específicamente al tramo urbano que atraviesa la ciudad de Abancay. Estos taludes presentan características geomorfológicas heterogéneas y se encuentran expuestos a procesos continuos de erosión fluvial y saturación por precipitaciones.

Con respecto a la muestra, esta será seleccionada mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional (juicio de expertos). Este método se justifica debido a la necesidad de analizar específicamente los puntos de mayor riesgo geotécnico, descartando la aleatoriedad. Se ha establecido un tamaño muestral de tres ($n = 3$) secciones transversales críticas. La selección de estos puntos obedecerá estrictamente a tres criterios de inclusión: primero, la evidencia visual de inestabilidad física (presencia de grietas de tensión o escarpes activos); segundo, la existencia de pendientes pronunciadas que superen los 45 grados; y tercero, la proximidad inmediata a infraestructura vulnerable (viviendas o vías). De esta manera, se garantiza que los escenarios a modelar representen las condiciones más desfavorables del sector.

6.3. Herramientas empleadas

Para la ejecución del estudio se utilizarán herramientas experimentales, computacionales y estadísticas que permitirán abordar el problema de manera integral. En una primera etapa, se realizarán ensayos de laboratorio geotécnico, destacando el ensayo triaxial consolidado drenado (CD) para determinar la resistencia al corte y el comportamiento elasto-plástico del suelo. Asimismo, se ejecutará el ensayo de corte directo con el fin de obtener la cohesión (c) y el ángulo de fricción interna (ϕ) complementado con pruebas de permeabilidad para estimar la conductividad hidráulica y su influencia en la infiltración.

Por su parte, los levantamientos de campo y la recopilación de datos incluirán el levantamiento topográfico mediante estación total o dron fotogramétrico para definir la geometría del terreno. Estas actividades se integrarán con el registro de niveles freáticos, la recopilación de datos pluviométricos históricos y la toma de muestras iniciales, asegurando así la calidad de la información base para el modelamiento.

6.4. Hipótesis

La aplicación del método de los elementos finitos (FEM), mediante el uso de los programas PLAXIS 2D y RS2, constituirá una herramienta robusta para simular la respuesta geotécnica de los taludes ribereños del río Sahuanay.

Se plantea que este enfoque numérico permitirá modelar de manera más realista la interacción entre las propiedades del suelo y la saturación inducida por lluvias intensas, en comparación con los métodos tradicionales. En consecuencia, se obtendrá una estimación fiable del factor de seguridad (F_s) y una identificación precisa de los mecanismos de falla críticos, facilitando el diseño de medidas de mitigación efectivas para la zona de estudio.

6.5. Procedimiento propuesto

El desarrollo metodológico del estudio se estructurará en cinco fases principales, orientadas a garantizar un análisis integral de la estabilidad de los taludes ribereños.

- (A) En la primera fase se realizará Se realizará el levantamiento topográfico de las tres secciones seleccionadas ($n=3$) y la sistematización de información hidrológica, permitiendo generar la geometría base para el modelo.

- (B) La segunda fase Comprenderá la ejecución de ensayos de laboratorio (corte directo, triaxial y permeabilidad) en muestras extraídas de los puntos críticos, para obtener parámetros reales de cohesión (C) y fricción (ϕ)
- (C) En la tercera fase se lleva a cabo el modelado numérico del talud utilizando los programas PLAXIS 2D y RS2, los cuales permiten simular el comportamiento del terreno ante diferentes condiciones de carga y saturación.
- (D) Posteriormente, en la cuarta fase, se efectúan simulaciones de escenarios de lluvia e incremento del nivel freático, con el propósito de evaluar la respuesta del talud frente a condiciones críticas típicas de la temporada pluvial.
- (E) Finalmente, la quinta fase comprende el análisis de resultados y la propuesta de medidas de estabilización, que pueden incluir drenajes, muros de contención, revegetación o refuerzo con geotextiles, según la magnitud de los desplazamientos observados en el modelo.

El análisis numérico se desarrollará con un modelo elasto-plástico basado en el criterio de falla de Mohr-Coulomb, el cual describe adecuadamente el comportamiento del suelo ante esfuerzos cortantes. Se considerarán parámetros geotécnicos como la cohesión (c), el ángulo de fricción interna (ϕ), el peso unitario (γ) y el módulo de elasticidad (E), obtenidos de los ensayos experimentales. Los límites del modelo incluirán condiciones de frontera fijas en la base y libres en la superficie, permitiendo una simulación realista del comportamiento del terreno. Asimismo, la infiltración de agua será representada mediante un flujo transitorio, que refleje la variación del contenido de humedad en función de la intensidad y duración de las precipitaciones. Este enfoque permitirá comprender de manera más precisa los mecanismos de falla asociados a la saturación del suelo y al efecto hidráulico del río sobre la estabilidad del talud.

6.6. Variables del estudio

- Variable independiente: Aplicación del método de elementos finitos (FEM) mediante los software PLAXIS 2D y RS2.
- Variable dependiente: Estabilidad física de los taludes en la ribera del río Sahuanay.
- Indicadores: Factor de seguridad (Fs), desplazamiento máximo, presión de poros, deformación total y probabilidad de falla.

6.7. Diseño estadístico

El tratamiento estadístico de los datos obtenidos mediante la modelación numérica tendrá un enfoque cuantitativo, orientado a validar si las variaciones en el factor de seguridad (Fs) y las deformaciones bajo distintos escenarios hidrológicos poseen significancia estadística. Dado que se evaluará el comportamiento de los mismos taludes bajo condiciones secas y saturadas, se aplicará la prueba t de Student para muestras relacionadas, planteando como hipótesis alterna que la saturación del suelo provoca una disminución significativa en la estabilidad. El estadístico de prueba se calculará mediante la ecuación:

$$t = (\bar{d}) / (Sd / \sqrt{n})$$
$$Fs = \Sigma (\text{resistencia al corte}) / \Sigma (\text{esfuerzos desestabilizadores})$$

Donde \bar{d} representa el promedio de las diferencias entre el Fs en condición seca y saturada, Sd la desviación estándar de dichas diferencias y n el número de puntos analizados; se utilizará un nivel de confianza del 95% ($\alpha = 0.05$) para rechazar la hipótesis nula.

Adicionalmente, se realizará un análisis de correlación de Pearson (r) para cuantificar la magnitud de la relación lineal inversa entre el incremento de la presión de poros y la reducción del Factor de Seguridad, así como la relación directa entre la saturación y los desplazamientos totales. El coeficiente se determinará con la expresión

$$r = \frac{\Sigma (xi - \bar{x})(yi - \bar{y})}{\sqrt{\Sigma (xi - \bar{x})^2 (yi - \bar{y})^2}}$$

Un valor de r cercano a -1 confirmará que el aumento de la presión intersticial es el factor determinante en la inestabilidad. Todo el procesamiento de datos se efectuará utilizando software estadístico especializado, importando directamente los resultados numéricos generados por las fases de cálculo de los programas PLAXIS 2D y RS2.

Finalmente, los resultados estadísticos obtenidos permitirán establecer criterios cuantitativos de estabilidad y validar la efectividad de las medidas de protección o reforzamiento propuestas. Este enfoque combinado entre análisis numérico y estadístico proporcionará una base sólida para la toma de decisiones en el manejo y mitigación del riesgo de deslizamientos en taludes ribereños, especialmente en zonas expuestas a lluvias intensas o variaciones significativas del nivel freático.

7 Discusiones esperadas

Se espera que los resultados del análisis mediante el método de elementos finitos (FEM) evidencien una disminución progresiva del factor de seguridad durante los períodos de alta precipitación, especialmente en los sectores adyacentes a la ribera del río Sahuanay, donde la infiltración de agua es más intensa. Los modelos numéricos permitirán visualizar el aumento de las presiones intersticiales, así como desplazamientos diferenciales significativos en la masa del talud, reflejando las condiciones críticas de pérdida de resistencia al corte y deformación del suelo.

Estos resultados permitirán identificar las zonas más vulnerables a procesos de socavación y deslizamiento, y comprender la evolución del daño bajo diferentes escenarios hidráulicos. Con base en dicha información, se plantearán soluciones de ingeniería orientadas a mejorar la estabilidad global del terreno, tales como la instalación de drenajes horizontales para reducir la presión de poros, la implementación de muros anclados o estructuras de contención en las áreas de mayor pendiente, y el uso de técnicas de bioingeniería —como la revegetación controlada y el refuerzo vegetal del talud— que contribuyan a disminuir la erosión superficial y a fortalecer el sistema radicular del suelo.

Asimismo, la integración de estas medidas permitirá desarrollar un modelo de gestión preventiva del riesgo geotécnico, aplicable a otros tramos del valle del río Sahuanay con características similares, promoviendo así una planificación territorial más resiliente frente a eventos pluviales extremos.

8 Impacto esperado

El método de elementos finitos (FEM) se consolida como una herramienta altamente eficaz para el análisis del comportamiento geotécnico de los taludes ubicados en el entorno del río Sahuanay, en Abancay – Apurímac. Su aplicación permite reproducir de manera realista las condiciones del terreno, considerando la interacción entre las propiedades del suelo, las variaciones del nivel freático y las cargas inducidas por la saturación producto de las lluvias intensas. Gracias a este enfoque, es posible identificar con precisión los mecanismos de falla predominantes, así como las zonas más vulnerables a deslizamientos y deformaciones diferenciales a lo largo de las riberas del río.

Los resultados derivados del análisis FEM constituyen una base técnica fundamental para la prevención de huaycos, deslizamientos y procesos de erosión fluvial en la cuenca del río Sahuanay. A partir de estos hallazgos, se podrán formular proyectos de estabilización y protección de riberas, que incluyan soluciones como drenajes horizontales, muros anclados y técnicas de bioingeniería orientadas a mejorar la estabilidad global del terreno y reducir los riesgos asociados a la socavación.

En conjunto, este estudio contribuye al fortalecimiento de la gestión integral del riesgo geotécnico en la región de Abancay – Apurímac, promoviendo la seguridad de las poblaciones asentadas en zonas vulnerables y fomentando una planificación territorial sostenible y resiliente frente a los efectos de los eventos pluviales intensos característicos de la sierra sur del Perú.

9 Anexo

Se presento el siguiente poster científico como propuesta de proyecto.

Aplicación del método de elementos finitos para el análisis de estabilidad de taludes en el río Sahuanay, Abancay – Apurímac

Royer Elvis Moreano Condorcuya, Nilber Pablo Vera Sulla

RESUMEN

Se aplicó el método de elementos finitos (FEM) para evaluar la estabilidad de los taludes del río Sahuanay en Abancay, afectados por lluvias intensas y saturación del suelo. Se plantean medidas de mitigación basadas en drenajes, muros anclados y bioingeniería, fortaleciendo la gestión del riesgo geotécnico y la planificación territorial sostenible.

PROBLEMA U OBJETIVO

Analizar la estabilidad de los taludes ribereños del río Sahuanay, afectados por deslizamientos causados por lluvias intensas y saturación del suelo, aplicando el Método de Elementos Finitos (FEM) en PLAXIS 2D y RS2 para determinar el factor de seguridad (F_s), las deformaciones y las presiones de poros.

HIPÓTESIS

La aplicación del método de elementos finitos (FEM) permite simular con alta precisión la interacción entre el suelo, el agua y la carga hidráulica, identificando las zonas críticas de falla y superando las limitaciones de los métodos tradicionales de equilibrio límite.

METODOLOGÍA

Tipo de investigación: Aplicada, de enfoque cuantitativo y nivel explicativo.
Herramientas empleadas:

- Ensayos geotécnicos: triaxial, corte directo y permeabilidad.
- Modelado numérico: programas PLAXIS 2D y RS2 (Rocscience).
- Análisis estadístico: prueba t de Student y ANOVA para evaluar la variación del F_s bajo distintos escenarios de saturación.

PROCEDIMIENTO

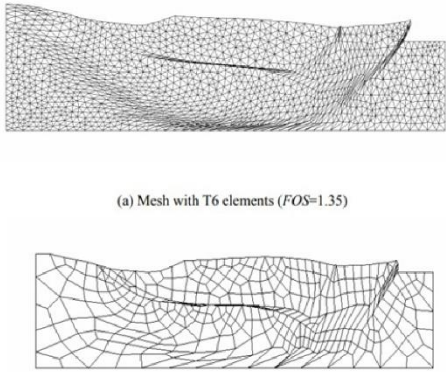
1. Recolección de datos:
2. Caracterización del suelo
3. Modelado numérico
4. Escenarios de lluvia
5. Propuesta técnica

RESULTADOS ESPERADOS


- Disminución del F_s durante periodos de lluvias.
- Identificación de zonas vulnerables al colapso por socavación.

CONCLUSIONES

El método FEM demuestra ser una herramienta eficaz para analizar la estabilidad de taludes complejos, al reproducir fielmente las condiciones geotécnicas reales. Sus resultados permiten prevenir deslizamientos y orientar el diseño de obras de protección, aportando soluciones técnicas, sostenibles y seguras para la cuenca del río Sahuanay.



AGRADECIMIENTO:



10 Referencias

- [1] Z. Luyu, S. Weimin, Z. Yingren, Z. Luyu, S. Weimin, and Z. Yingren, "The slope stability analysis by FEM under the plane strain condition," *Chinese Journal of Geotechnical Engineering*, 2002, Vol. 24, Issue 4, Pages: 487-490, vol. 24, no. 4, pp. 487-490, Jul. 2002, Accessed: Nov. 03, 2025. [Online]. Available: <https://www.cgejournal.com/en/article/id/11010>
- [2] X. Xiang and D. Zi-Hang, "Numerical implementation of a modified Mohr-Coulomb model and its application in slope stability analysis," *Journal of Modern Transportation* 2017 25:1, vol. 25, no. 1, pp. 40-51, Mar. 2017, doi: 10.1007/S40534-017-0123-0.
- [3] J. Jelani, Z. Suif, N. Ahmad, M. J. R. M. S. Rabbani, and N. A. Khairulazman, "Experimental study of rainfall intensity on silty sand slope," *Sinergi (Indonesia)*, vol. 29, no. 2, pp. 547-554, 2025, doi: 10.22441/SINERGI.2025.2.024.
- [4] D. Gurruchaga R. and F. Viscarra Agreda, "Slope stability analysis by finite elements: A case study in la paz-bolivia," *Investigación & Desarrollo (I&D)*, ISSN 2518-4431, Vol. 20, No. 1, 2020, págs. 99-111, vol. 20, no. 1, pp. 99-111, 2020, Accessed: Nov. 03, 2025. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10053343&info=resumen&idioma=ENG>
- [5] N. V. Kumar, S. S. Asadi, D. S. Chandra, A. Shivamant, and G. P. Kumar, "Design and Analysis of Earth Slopes Using Geosynthetics," *Lecture Notes in Civil Engineering*, vol. 133 LNCE, pp. 719-729, 2021, doi: 10.1007/978-981-33-6346-5_62.
- [6] "ESTABILIDAD DE TALUDES." Accessed: Nov. 03, 2025. [Online]. Available: <https://prontubeam.com/articulos/11-03-2017-Estabilidad-de-taludes>
- [7] M. Baccouch, "A Brief Summary of the Finite Element Method for Differential Equations," in *Finite Element Methods and Their Applications*, IntechOpen, 2021. doi: 10.5772/intechopen.95423.
- [8] B. Xu, S. Liu, and J. Wang, "An Analysis of Slope Stability Based on Finite Element Method and Distinct Element Method," *J Phys Conf Ser*, vol. 2148, no. 1, p. 012053, Jan. 2022, doi: 10.1088/1742-6596/2148/1/012053.
- [9] R. Inc, "Application of the Finite Element Method to Slope Stability," 2001.
- [10] B. A. Chacon Sullca and D. P. Lopez Vilca, "Evaluación de la estabilidad de taludes en la cuenca de Chicama usando datos geotécnicos y topográficos," *Universidad Privada del Norte*, Dec. 2024, Accessed: Nov. 04, 2025. [Online]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/41003>
- [11] A. A. Valencia Bolaños and A. J. Vargas Suca, "Comparación entre los métodos de equilibrio límite y de elementos finitos en el análisis de muros anclados en talud rocoso para la construcción de un hospital en Cerro de Pasco," 2023, *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10757/669997>
- [12] H. Cárdenas, T. Maquerhua, E. Luis, A. Huamán, G. Estefany, and M. Cruz, "Influencia de las precipitaciones y la sismicidad en la aceleración del deslizamiento de Maca, Valle del Colca, Arequipa," 2021, [Online]. Available: www.sgp.org.pe
- [13] T. K. Mebrahtu, T. Heinze, S. Wohnlich, and M. Alber, "Slope stability analysis of deep-seated landslides using limit equilibrium and finite element methods in Debre Sina area, Ethiopia," *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 2022 81:10, vol. 81, no. 10, pp. 1-23, Sep. 2022, doi: 10.1007/S10064-022-02906-6.
- [14] A. Syahirah et al., "STABILITY ANALYSIS OF A SILICA SAND SLOPE MODEL SUBJECTED TO SURCHARGE LOAD USING LEM AND FEM METHODS," *GEOMATE Journal*, vol. 27, no. 121, pp. 128-135, Sep. 2024, doi: 10.21660/2024.121.g13442.
- [15] H. K. Mohajan, "Quantitative Research: A Successful Investigation in Natural and Social Sciences," *Journal of Economic Development, Environment and People*, vol. 9, no. 4, pp. 50-79, Dec. 2020, doi: 10.26458/JEDEV.V9I4.679.



Revista Micaela

ISSN: 2955-8646 (en línea) / 2709-8990 (Impresa)
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
Vice Rectorado de Investigación – Perú

Vol. 6 Num. 2 (2025) - Publicado: 13/01/26
<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025>
Páginas: 95 - 102
Recibido 28/11/2025; Aceptado 30/12/2025

<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025.192>

Edición Especial: Cosmovisión Andina – 2025

Autores:

1. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0004-4342-7263>
Roxana Uscamayta Mariño, docente de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, ruscamayta@unamba.edu.pe
2. **ORCID iD** <https://orcid.org/0000-0002-8644-8089>
Alfredo Huamán Cuya, docente de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, ahuan@unamba.edu.pe
3. **ORCID iD** <https://orcid.org/0000-0002-5815-8906>
Silvia Soledad Lopez-Ibáñez
docente de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, slopez@unamba.edu.pe
4. **ORCID iD** <https://orcid.org/0000-0001-6247-2917>
Elio Nolasco Carbajal
docente de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, enolasco@unamba.edu.pe

Control interno como herramienta estratégica en la gestión de contrataciones y adquisiciones en una Municipalidad Distrital

Internal control as a strategic tool in the management of contracting and procurement in a district municipality

Roxana Uscamayta-Mariño¹, Alfredo Huamán-Cuya², Silvia Soledad Lopez-Ibáñez³ y Elio Nolasco-Carbajal⁴

Resumen. La presente investigación tuvo como propósito principal analizar la relación entre el control interno y los procesos de contrataciones y adquisiciones en una Municipalidad del gobierno local. Para ello, se empleó una metodología básica de nivel descriptivo-correlacional y diseño no experimental de corte transversal. La población y muestra estuvo compuesta por la totalidad de los 50 trabajadores. Se utilizó la técnica de encuesta, implementando un cuestionario estructurado con escala de Likert para ambas variables; posteriormente, se elaboraron baremos considerando tres niveles de alcance: deficiente, regular y bueno. Los resultados muestran que el control interno en las entidades públicas se sitúa mayormente en un nivel regular, según lo referido por el 50% de los encuestados. Asimismo, el 46% señala que los procesos de contrataciones y adquisiciones también operan en un nivel regular, principalmente debido al desconocimiento de las normas y a la presencia de reglamentos confusos dentro de la Ley de Contrataciones del Estado. En consecuencia, existe una correlación positiva de 89.2% entre las variables de estudio. En síntesis, un sistema de control interno eficaz mejora los procedimientos de contrataciones y adquisiciones, alineándolos con los objetivos y herramientas institucionales.

Palabras Clave: Control interno, Contrataciones, Adquisiciones.

Abstract. The main purpose of this research was to analyze the relationship between internal control and contracting and procurement processes in a local government municipality. To this end, a basic descriptive-correlational methodology and a non-experimental cross-sectional design were used. The population and sample consisted of all 50 employees. A survey technique was used, implementing a structured questionnaire with a Likert scale for both variables; subsequently, scales were developed considering three levels of scope: poor, fair, and good. The results show that internal control in public entities is mostly at a fair level, as reported by 50% of respondents. Likewise, 46% indicate that contracting and procurement processes also operate at a fair level, mainly due to a lack of knowledge of the rules and the presence of confusing regulations within the State Contracting Law. Consequently, there is a positive correlation of 89.2% between the study variables. In summary, an effective internal control system improves contracting and procurement procedures, aligning them with institutional objectives and tools.

Keywords: Internal control, Contracting, Procurement.

1 Introducción

La investigación sobre el control interno adquiere relevancia dentro de la comunidad científica por su vínculo conceptual con la prevención de la corrupción. Este enfoque puede impulsar el perfeccionamiento de los modelos actuales y fortalecer la estructura organizacional en distintos contextos a nivel mundial. El control interno ha experimentado una transformación significativa, consolidándose como un instrumento esencial en la prevención de prácticas corruptas en los procesos de contratación pública. De acuerdo con el enfoque del Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission (COSO), se trata de un conjunto de procedimientos que brinda a las entidades una garantía razonable en el cumplimiento de los objetivos organizacionales [1]. Los procesos de contratación pública son importantes para organizaciones tanto públicas como privadas, ya que permiten analizar la eficacia y las posibles debilidades en la ejecución de adquisiciones. El control interno es una herramienta utilizada en la gestión pública para fomentar prácticas administrativas que sean transparentes, eficientes y conformes a la normativa vigente. Su correcta aplicación en los procesos de contratación y adquisición dentro de las entidades estatales permite minimizar riesgos, mejorar el uso de los recursos disponibles y reforzar la credibilidad institucional ante la ciudadanía [2].

A nivel mundial, según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico – OCDE ninguna entidad sin importar su tamaño puede asegurar por completo que se cumplan las políticas internas y muchos menos garantizar la adhesión a las disposiciones legales y normativas gubernamentales, si no cuenta con un sistema sólido de reglas internas. Por ello disponer de controles internos eficaces resulta fundamental para alcanzar el éxito organizacional [3]. En numerosos países latinoamericanos, la recurrencia de estos inconvenientes ha sido notable, generando escándalos de corrupción de gran magnitud que han deteriorado la imagen de las entidades gubernamentales. Esta situación pone de relieve la importancia de establecer mecanismos de control como medida preventiva ante los posibles riesgos en los procesos de contrataciones [4]. Investigaciones más resaltantes, el 30% manifiestan que, el control interno es deficiente en las entidades públicas, las contrataciones en materia de compras y licitaciones no se llevan a cabo con total rigurosidad, y el 70% manifiestan que la normativa de las contrataciones y adquisiciones son poco claros y confusos [5]. En relación con el control interno de las entidades, el 50% de los encuestados señala que su desarrollo es bajo, el 47,73% como medio y únicamente el 2,27% lo considera alto. En cuanto a los procesos de contratación, el 75% de los encuestados percibe un desarrollo bajo, el 22,73% un nivel medio y solo el 2,27% reporta un nivel alto [6].

En el ámbito peruano, la Contraloría General de la República (CGR) desempeña un papel esencial al proporcionar asistencia y orientación en la administración de los recursos estatales. Por su parte, el Ministerio de Economía y Finanzas cuenta con el Órgano Supervisor de las Contrataciones del Estado (OSCE), encargado de supervisar los procesos de contratación pública. El análisis realizado evidenció que aproximadamente el 30% de las instituciones implementa procedimientos ambientales, de gestión de riesgos, sistemas de información y actividades de control y monitoreo para optimizar la administración de los recursos públicos. El estudio destaca la importancia del control en las contrataciones públicas como elemento clave para lograr una gestión eficiente de los recursos estatales [7].

En ese mismo contexto, a nivel regional, las entidades públicas enfrentan dificultades persistentes en la implementación efectiva del sistema de control interno. Durante los últimos cinco años, los procesos de contratación pública han sido objeto de múltiples denuncias por presuntas irregularidades, difundidas a través de diversos medios de comunicación. Estas situaciones reflejan debilidades estructurales en la gestión administrativa, especialmente en el cumplimiento de los entregables establecidos por el sistema de control interno. El incumplimiento de los entregables en los plazos establecidos puede comprometer la continuidad del proceso de implementación, afectando directamente la prevención de riesgos, la eficiencia en el uso de recursos públicos, la transparencia institucional, la rendición de cuentas y la calidad de los servicios ofrecidos a la ciudadanía. Durante la pandemia por la COVID-19, se observó un aumento de actos de corrupción a nivel regional. Las entidades públicas recibieron fondos para atender la emergencia y realizaron adquisiciones de productos de primera necesidad. En varios casos, no se cumplieron los estándares establecidos de transparencia ni se actualizó la información en plataformas de Transparencia de la Gestión Pública en la Emergencia Sanitaria COVID-19, requeridas por la resolución de Contraloría N° 102-2020-CG. Esto afectó el acceso a información sobre el uso de fondos públicos y el control social por parte de la ciudadanía [8].

En la presente investigación, se planteó investigar acerca del control interno como herramienta estratégica en la gestión de contrataciones en las entidades públicas. La importancia de la investigación del control interno en los procesos de contrataciones públicas es fundamental debido a que estas representan una parte considerable del gasto estatal. Un sistema de control interno bien estructurado facilita prevenir prácticas corruptas, como el favoritismo, los sobrecostos y el desvío de recursos. Además, fortalece y promueve prácticas abiertas y el deber de informar sobre las acciones realizadas, al asegurar que los procedimientos sean auditables y accesibles para el control social. Asimismo, contribuye a una gestión más eficiente de los recursos públicos, garantizando que las contrataciones públicas cumplan con criterios de calidad, oportunidad y eficiencia. La investigación se ciñe en los ítems que se mencionan a continuación: i) espacial, comprende a las entidades públicas del gobierno local; ii) temporal, la recopilación de datos se realizó en el mes de noviembre del 2023 y iii) teórica, se llevó a cabo un análisis bibliográfico enfocado en el cumplimiento de las disposiciones establecidas en la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Control Interno regulada por la Contraloría General de la República del Perú así como en la normativa correspondiente a la Ley de Contrataciones del Estado.

1.1 Control Interno

El control interno es un mecanismo de gestión aplicado de manera continua que facilita el cumplimiento de los objetivos institucionales. Se utiliza en todo el mundo y está respaldado internacionalmente por el modelo COSO; en Perú, corresponde a la regulación de la Contraloría General de la República. El Control Interno en entidades públicas se estudia considerando las particularidades frente a las organizaciones privadas, entre las que destacan: (i) el enfoque orientado hacia el logro de objetivos sociales o políticos; (ii) el uso de fondos públicos; (iii) la relevancia del ciclo presupuestario y de planificación; y (iv) la complejidad operacional. Esto implica equilibrar principios como legalidad, integridad y transparencia, inherentes al sector público, con valores gerenciales contemporáneos como eficiencia y eficacia [9]. El control interno ofrece diversos beneficios para la entidad. Su implementación y desarrollo facilitan la adopción de medidas orientadas al cumplimiento de los objetivos institucionales. En las entidades públicas, es relevante priorizar la aplicación del sistema de control interno, promoviendo normas, políticas y lineamientos internos que contribuyan a una gestión financiera eficiente, favorezcan la transparencia y ayuden a prevenir actos de corrupción [10]. La implementación adecuada del control interno en las entidades del Estado es importante para prevenir los actos de corrupción en los procesos de contratación, el no implementarlo genera el incumplimiento de los objetivos y aumenta los posibles riesgos de fraude. Las entidades públicas que implementaron este sistema demostraron resultados positivos en la mitigación de los riesgos, cada entidad debe implementar teniendo como base los componentes del control interno bajo el modelo COSO [11]

En el Perú, el control interno se encuentra regulado por la Contraloría General de la República, organismo descentralizado y autoridad máxima del Sistema Nacional de Control Interno, conforme a lo dispuesto en el artículo 82° de la Constitución Política del Perú [12], Ley N° 28716 – Ley de Control Interno de las entidades del Estado y las Normas de Control Interno. En las entidades públicas, el control interno bajo el modelo COSO 2013 incluye cinco componentes funcionales: i) ambiente de control, ii) evaluación de riesgos, iii) actividades de control, iv) información y comunicación, y v) actividades de supervisión. Los primeros cuatro están relacionados con el diseño y funcionamiento del control interno, mientras que el quinto busca asegurar su efectividad continua. Este sistema funciona como un proceso en el que cada componente influye en los demás, formando un conjunto integrado adaptable a condiciones cambiantes [9].

1.2 Procesos de contrataciones y adquisiciones

La Ley de Contrataciones del Estado regula los procesos de contrataciones y adquisiciones en los tres niveles de gobierno, garantizando la transparencia, eficiencia y equidad en el uso de los recursos públicos. Estos procesos comprenden tres fases: i) actos preparatorios, ii) fase de la selección, y iii) ejecución contractual, se rigen por principios fundamentales como la libre competencia, moralidad, imparcialidad y trato justo [13]. Los procesos de contrataciones y adquisiciones constituyen el mecanismo mediante el cual el Estado gestiona la obtención de bienes y servicios de manera adecuada, conforme a sus necesidades institucionales. Este procedimiento se desarrolla siguiendo una serie de acciones administrativas establecidas por las entidades públicas, con el objetivo de cumplir sus metas dentro del marco del presupuesto asignado. Asimismo, contempla normativas específicas que deben ser evaluadas cuidadosamente por las instituciones estatales al momento de ejecutar dichas contrataciones [14]. Las contrataciones y adquisiciones realizadas por entidades públicas se desarrollan en actos públicos, dando preferencia a empresas habilitadas con domicilio en su jurisdicción, o en su defecto, a empresas de otras jurisdicciones, conforme a los requisitos legales vigentes. Los procesos de contratación pública constituyen procedimientos destinados a proveer bienes, servicios y obras a las entidades públicas de forma oportuna, cuando así lo requiera el área usuaria, y bajo óptimas condiciones de precio y calidad. Su finalidad es satisfacer un interés público orientado a mejorar la calidad de vida de la población.

Los procesos de contrataciones son regulados por la Ley N° 30225 – Ley de Contrataciones del Estado y su reglamento, Decreto Legislativo N° 1017, Decreto Legislativo N° 1439 del Sistema Nacional de Abastecimiento y Decreto Supremo N° 082-2019 -EF. La finalidad de la Ley de Contrataciones del Estado es establecer directrices que contribuyan a optimizar el uso de los recursos públicos, promoviendo una gestión basada en resultados en los procesos de adquisición de bienes, servicios y obras. Esta normativa busca asegurar que dichas contrataciones se realicen de manera oportuna, bajo condiciones favorables de precio y calidad, facilitando el cumplimiento de los objetivos institucionales y generando un impacto positivo en la calidad de vida de la población [13].

En consecuencia, este estudio tiene como objetivo dar respuesta a la siguiente interrogante: ¿Cuál es la relación entre el control interno y los procesos de contrataciones y adquisiciones en una Municipalidad del gobierno local? Y con el objetivo de determinar la relación entre el control interno y los procesos de contrataciones y adquisiciones. Así como analizar los cinco componentes y diecisiete principios del control interno y las fases de los procesos de contrataciones públicas.

2 Método

La investigación se realizó mediante un enfoque cuantitativo, partiendo de un problema y objetivo claramente definidos. Es de tipo básica, orientada a profundizar el conocimiento sobre el control interno y los procesos de contrataciones y adquisiciones en entidades públicas. El nivel es correlacional, ya que se determinó la relación entre ambas variables, y el estudio se llevó a cabo con un diseño no experimental de corte transversal, lo que implicó la recopilación de datos en un único momento [15].

- Sujetos:** La población de esta investigación incluye a todos los trabajadores directivos y administrativos, bajo cualquier régimen de contratación, que tengan vínculo laboral e intervengan en el proceso de contratación y adquisición en una Municipalidad del Gobierno Local. Según Valderrama, la muestra es un subgrupo de la población de estudio [16]. Dado que la población del estudio es pequeña y finita, se optó por incluir la totalidad de sus integrantes (50) en la muestra, constituyéndose así en un muestreo censal.
- Técnicas e instrumentos:** La técnica se refiere al método utilizado para recopilar datos, mientras que el instrumento es la herramienta empleada para su recolección [17]. En consecuencia, en el presente estudio se empleó la encuesta como técnica para la recolección de datos de la unidad de análisis, utilizando como instrumento un cuestionario conformado por preguntas estructuradas bajo el modelo de escala de Likert.
- Procedimiento:** Para analizar los resultados, se construyó una matriz de datos a partir de las respuestas del cuestionario. Se emplearon técnicas de estadística descriptiva e inferencial y se utilizó el coeficiente Rho de Spearman para contrastar la hipótesis. El procesamiento y organización de los datos se realizó con SPSSv25 y Microsoft Excel.

3 Resultados

En esta sección, se presenta los resultados producto del procesamiento de datos. Primeramente, se describe o se caracteriza las variables y sus dimensiones. Posteriormente, se hizo el análisis estadístico donde se llevó a cabo el contraste de la hipótesis planteada H_1 : Existe relación entre el control interno y los procesos de contrataciones y adquisiciones en la Municipalidad.

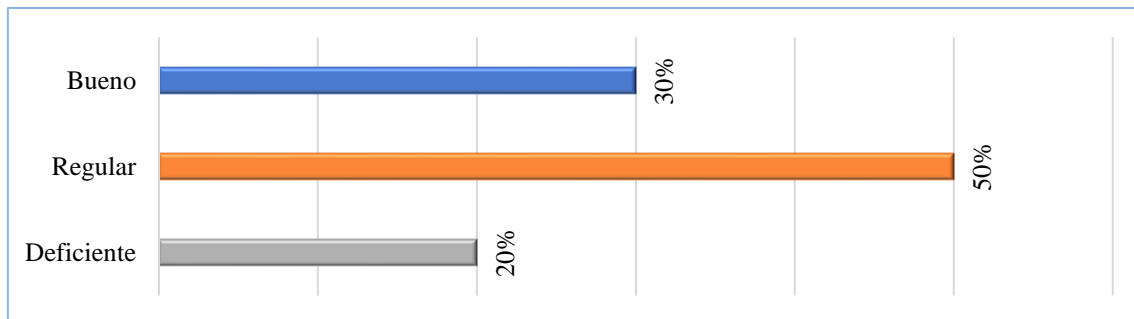


Fig. 1. Frecuencia del Control interno

Los resultados evidencian que el control interno en la Municipalidad se realiza predominantemente a un nivel regular, según lo señalado por el 50% de las personas encuestadas. Asimismo, el 30% manifiesta que el control interno alcanza un nivel bueno, mientras que el 20% considera que es deficiente.

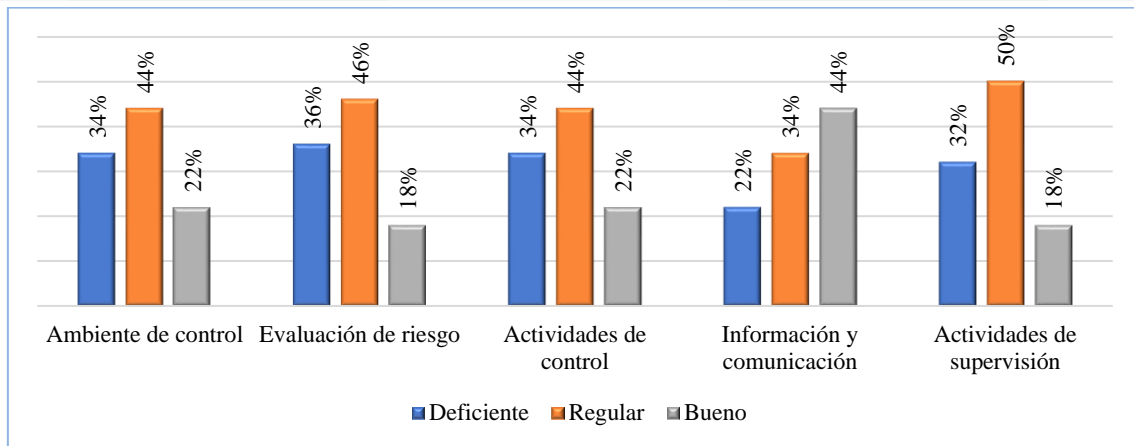


Fig. 2. Frecuencia de las dimensiones del Control interno

El control interno se ha clasificado según cinco dimensiones funcionales. De acuerdo con los resultados, el 44% de las personas encuestadas considera que el ambiente de control se desarrolla en un nivel regular, mientras que el 34% lo percibe como deficiente y únicamente el 22% lo califica como bueno. En cuanto a la evaluación de riesgos, el 46% de los encuestados reporta que se realiza a un nivel regular, el 36% a un nivel deficiente y el 18% a un nivel bueno. Respecto a la actividad de control, el 44% la considera desarrollada a un nivel regular, el 34% a un nivel deficiente y el 22% a un nivel bueno. Sobre la información y comunicación, el 44% indica un nivel bueno, el 34% un nivel regular y el 22% un nivel deficiente. Por último, en relación con las actividades de supervisión, el 50% reporta un nivel regular, el 32% un nivel bueno y el 18% señala un nivel deficiente.

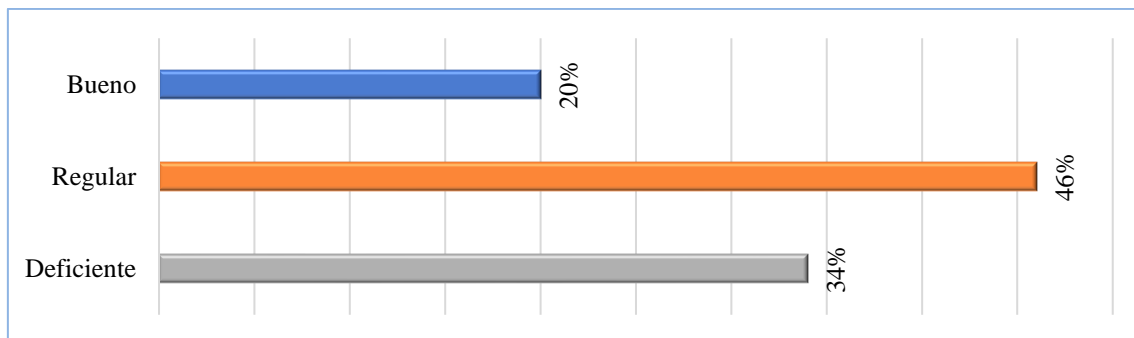


Fig. 3. Frecuencia de los procesos de contrataciones y adquisiciones

Los resultados evidencian que los procesos de contrataciones y adquisiciones se desarrollan predominantemente a un nivel regular, según lo señala el 46% de los encuestados. Por su parte, el 34% considera que dichos procesos son deficientes, mientras que únicamente el 20% los evalúa como buenos.

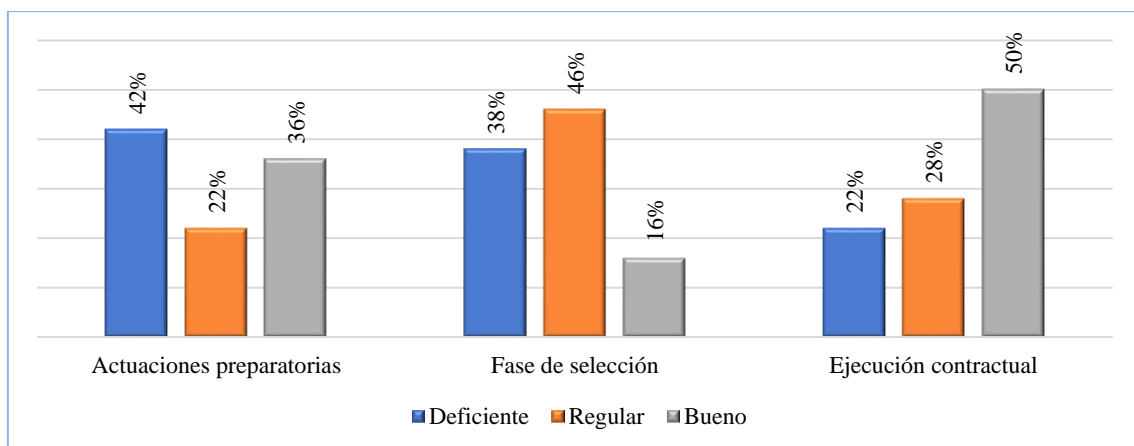


Fig. 4. Frecuencia de las dimensiones de los Procesos de Contrataciones y Adquisiciones

Los procesos de contrataciones y adquisiciones se agruparon según tres fases principales. De acuerdo con los resultados, el 42% de las personas encuestadas considera que las actuaciones preparatorias se desarrollan de manera deficiente,

el 36% las evalúa como buenas y el 22% como regulares. Respecto a la fase de selección, el 46% opina que se realiza a un nivel regular, el 38% la percibe como deficiente y el 16% como buena. Por último, en relación con la ejecución contractual, el 50% de los encuestados la califica como buena, el 28% como regular y el 22% como deficiente.

Tabla 1. Correlación entre el control interno y los procesos de contrataciones y adquisiciones

			Procesos de contrataciones y adquisiciones
Rho de Spearman	Control interno	Coefficiente de correlación	.892**
		Sig. (bilateral)	.000
		N	50

Nota. ** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Los resultados muestran un p-valor inferior a 0.001, por ende, existe suficiente evidencia estadística para confirmar que existe una relación significativa entre el control interno y los procesos de contrataciones y adquisiciones en las entidades públicas. Asimismo, ya que el coeficiente Rho de Spearman calculada fue de 0.892, lo que evidencia una correlación positiva elevada [15].

4 Discusiones Conclusiones

Coincidiendo con otras investigaciones, García y otros [18], El control interno en las entidades públicas se encuentra mayormente en un nivel regular, con un 30% en el nivel deficiente. Las dimensiones que presentan mayores dificultades son el entorno de control y la supervisión y monitoreo, con un 70% en el nivel deficiente, mientras que la dimensión de actividades de control muestra un 41% en el nivel eficiente, aunque más de la mitad se sitúa en niveles inferiores. En los procesos de contrataciones y adquisiciones, el 73% está en un nivel regular y el 27% en nivel deficiente. De acuerdo con la prueba de Rho de Spearman, el valor obtenido es 0.376, lo que indica que existe una correlación positiva baja entre el control interno y los procesos de adquisiciones y contrataciones, así también Espejo y otros [19] los datos indican que aproximadamente el 30% de las instituciones implementa procesos ambientales, sistemas de gestión de riesgos, información y actividades de control para optimizar la administración de recursos públicos. Estas cifras resultan significativas, considerando que más del 70% de las instituciones dispone de órganos de control efectivos. No obstante, en el área de compras y logística, ciertas entidades continúan explorando alternativas para eludir las normativas estatales. Adicionalmente, el proceso de contratación estatal enfrenta prácticas poco éticas, lo cual repercute en la ejecución de obras públicas con sobrevaloración y estándares de calidad insuficientes, afectando negativamente el desarrollo social y económico.

Bustos y Zúñiga [20] los resultados evidencian que el control interno mantiene una relación significativa con los procesos de contrataciones, según la prueba estadística Rho de Spearman (59,1%) con un nivel de confianza del 95%. Adicionalmente, el 59% de las personas encuestadas señalan que el control interno y sus dimensiones agrupadas se desarrollan a un nivel regular, mientras que el 49% considera que los procesos de contrataciones también se ejecutan en un nivel regular.

De acuerdo con los resultados obtenidos, cuanto mayor sea la eficacia del sistema de control interno en sus cinco componentes fundamentales, más se optimizarán los procedimientos relacionados con contrataciones y adquisiciones, alineándose con los objetivos institucionales y los instrumentos de gestión. Esta mejora generará impactos positivos en los procesos de contratación pública dentro de las entidades estatales. Una implementación adecuada del control interno favorecerá el cumplimiento de metas organizacionales y promoverá una administración pública caracterizada por su eficiencia, efectividad, ética y transparencia. Además, permitirá definir de forma precisa, oportuna y pertinente los mecanismos para adquirir, contratar u obtener bienes, servicios, obras y consultorías requeridas por la entidad. Estas actividades, al ser transversales, contribuyen directamente al logro de los fines institucionales, reduciendo significativamente el riesgo de incurrir en actos de corrupción. Del total de encuestados, el 50% reportan que el control interno se desarrolla a un nivel regular, el 30% a un nivel bueno y el 20% a un nivel deficiente. En cuanto a las contrataciones y adquisiciones, el 46% señala un nivel regular, el 34% un nivel deficiente y el 20% indica un nivel bueno.

El presente trabajo de investigación llegó a la siguiente conclusión: se demostró una relación positiva entre el control interno y los procesos de contrataciones y adquisiciones en las entidades públicas, lo que implica, que un sistema de control interno robusto contribuye significativamente a mejorar la transparencia, eficiencia y legalidad en dichos procesos. Esta relación evidencia la necesidad de fortalecer los mecanismos de supervisión y evaluación interna como estrategia clave para optimizar la gestión pública y prevenir actos de corrupción o irregularidades administrativas

5 Biografías

Roxana Uscamayta Mariño. Docente de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Licenciado en Administración de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Con Grado de Maestro en Administración mención Gestión Pública y Desarrollo Empresarial de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Alfredo Huamán Cuya, Licenciado en Administración de Empresas de la Universidad Nacional José María Arguedas y Maestro en Administración mención Gestión Pública y Desarrollo Empresarial de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. Especialista en Tecnologías de Información y Comunicación. Consultor y asesor de investigación y análisis de datos estadísticos.

Silvia Soledad Lopez Ibáñez. Docente universitario desde agosto del 2004 en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Licenciada en Administración de la Universidad Nacional de Trujillo. Con Grado de Maestro en Administración de la Universidad Alas Peruanas y grado de Doctor en Ciencias de la Educación de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.

Elio Nolasco Carbajal. Docente universitario en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Licenciado en Administración de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Con Grado de Maestro en Ciencias Contables y Financieras con mención en Gerencia Pública y Gobernabilidad egresado de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa y Egresado de Doctorado en Administración de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

6 Referencias

- [1] C. M. Padilla Cruz y E. O. Cardoso Espinosa, «Corrupción y control interno en instituciones públicas de América Latina: ¿Una relación existente?», *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, vol. 15, n.o 30, feb. 2025, doi: 10.23913/ride.v15i30.2304.
- [2] D. Holmqvist, A. Fejes, y E. Nylander, «Auctioning out education: On exogenous privatisation through public procurement», *European Educational Research Journal*, vol. 20, n.o 1, pp. 102-117, ene. 2021, doi: 10.1177/1474904120953281.
- [3] Dorothee Allain-Dupré, «Multi-level Governance of Public Investment», jul. 2011. doi: 10.1787/5kg87n3bp6jb-en.
- [4] W. B. Jarrín López, D. Peña Suárez, G. R. Navas Espín, y N. D. Silva Álvarez, «Acciones de control para prevención de riesgos en situaciones de emergencia en el sector público», vol. 13, n.o S1, pp. 319-327, abr. 2021.
- [5] S. Ruíz Correa y J. M. Delgado Bardales, «El control interno en el proceso de contrataciones en las instituciones públicas», *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, n.o 2, pp. 1333-1350, dic. 2020, doi: 10.37811/cl_rcm.v4i2.159.
- [6] C. I. Flores Juarez, «Control interno y las Contrataciones con el Estado en la UGEL 04, Lima 2022», Universidad Privada del Norte, 2023. Accedido: 18 de septiembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/33972/Flores%20Juarez%2C%20Carlos%20Ivan.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [7] L. M. Espejo-Pingus y S. V. Cruz-Ipanaque, «El Control en las Contrataciones Públicas», *Revista Docentes 2.0*, vol. 16, n.o 2, pp. 196-208, nov. 2023, doi: 10.37843/rtd.v16i2.395.
- [8] Y. Caballero Espinoza, «Control interno en las contrataciones de bienes y servicios de una municipalidad provincial, Apurímac, 2021», Universidad Cesar Vallejo, 2021. Accedido: 15 de septiembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/79745>
- [9] D. Leiva, «Marco conceptual del control interno», 2014. Accedido: 16 de septiembre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://apps.contraloria.gob.pe/wcm/control_interno/documentos/Publicaciones/Marco_Conceptual_Control_Interno_CGR.pdf
- [10] R. R. Cruzado Vidal, D. A. Cribilleros Rios, M. F. Cuadra Alvarado, y S. I. Mogollón Rosales, «El Sistema de Control Interno en el Sector Público de Perú: Una Revisión Sistemática», *Revista de Climatología*, vol. 23, pp. 1577-1586, ago. 2023, doi: 10.59427/rcli/2023/v23cs.1577-1586.
- [11] Y. Ramón Huiman, «El sistema de control interno y la gestión pública: Una revisión sistemática», *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 6, n.o 2, pp. 2316-2335, abr. 2022, doi: 10.37811/cl_rcm.v6i2.2030.
- [12] Congreso de la Republica del Perú, Constitución Política del Perú. 1993. Accedido: 16 de septiembre de 2025. [En línea]. Disponible en: Texto oficial en el portal del Estado Peruano
- [13] Congreso de la Republica del Peru, Ley N° 30225 - Ley de Contrataciones del Estado . 2014. Accedido: 16 de septiembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/osce/normas-legales/118484-30225>
- [14] R. Quispe Basualdo, P. C. Chiri Saravia, A. F. Castellano Inga, A. Y. Pareja Ballón, y R. S. Malqui Acuña, «Control interno y los procesos de contrataciones y adquisiciones en una municipalidad peruana», *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 6, n.o 4, pp. 4874-4885, sep. 2022, doi: 10.37811/cl_rcm.v6i4.2981.
- [15] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, y P. Baptista Lucio, *Metodología de Investigación Científica*, (6.a ed.). McGraw-Hill, 2014. Accedido: 16 de septiembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- [16] C. y M. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica : Cuantitativa, Valderrama Mendoza, Santiago, (2a ed.). San Marcos, 2014. Accedido: 16 de septiembre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://sisbiblio.unah.edu.pe/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=62
- [17] A. E. Canahuire Montufar, F. Endara Mamani, y E. A. . Morante Rios, *¿Cómo hacer una tesis universitaria?* Cusco: Colorgraf S.R.L., 2015.
- [18] J. J. García Cullampe, J. Á. Rojas Alva, y R. C. Oblitas Otero, «Control interno en los procesos de adquisiciones y contrataciones de la Municipalidad Distrital de Huancas - 2020», *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 5, n.o 6, pp. 10724-10741, nov. 2021, doi: 10.37811/cl_rcm.v5i6.1117.
- [19] L. M. Espejo-Pingus y S. V. Cruz-Ipanaque, «El Control en las Contrataciones Públicas», *Revista Docentes 2.0*, vol. 16, n.o 2, pp. 196-208, nov. 2023, doi: 10.37843/rtd.v16i2.395.
- [20] N. C. Bustos Rozas y I. S. Zúñiga Barrios, «Control interno y proceso de contratación en la Unidad de Logística de la Municipalidad Provincial de Calca – Cusco, 2020», *Revista Científica Integración*, vol. 7, n.o I, pp. 94-99, dic. 2023, doi: 10.36881/ri.v7iI.763.