WWW.ECUACIENTIFICA.COM



ISSN: 3091 -1796

REVISTA MULTIDISCIPLINARIA
ECUACIENTÍFICA

Volumen 4
Número 10

DOI: https://doi.org/10.56519/repvyq63

CC BY NC

ISTOG

Frecuencia especial
25- 08 - 2026

REVISTA MULTIDISCIPLINARIA

ECUACIENTÍFICA

Publicación
Agosto 2026

Revista Multidisciplinaria Ecuacientífica

Código Postal 060102

Contacto +593 97 911 9620

publicaciones@ecuacientifica.com

Tipo de publicación: periódica

Edición especial

Entidad editora: Instituto Superior Tecnológico José Ortega y Gasset

Soporte: en línea

Temas: Multidisciplinarios

Subtemas: Multidisciplinarios

Revista: Arbitrada

Institución: Privada

Volumen 4 N°10

25 de agosto de 2026

EDITORA EN JEFE

PhD. María Belén Bravo Ávalos
Revista Multidisciplinaria Ecuacientífica
mayo – octubre | noviembre - abril
Ediciones especiales
Código Postal 060102
✆ Contacto: +593 979 119 620
✉Correo electrónico:
publicaciones@ecuacientifica.com
Entidad Editora: Instituto Superior Tecnológico José Ortega y Gasset

Revista Multidisciplinaria Ecuacientífica es una publicación de acceso abierto que tiene como objetivo principal la difusión de investigaciones originales y revisiones en diversas áreas del conocimiento. Entre las temáticas que aborda se encuentran Servicios, Agricultura, silvicultura pesca y veterinaria, Ciencias Naturales, Matemáticas, y Estadística, Tecnologías de la información y comunicación. Educación, Ingeniería.

Esta revista garantiza la calidad académica de los trabajos publicados mediante un riguroso proceso de revisión que incluye una evaluación inicial por parte del comité editorial y una revisión por pares expertos. Los artículos son presentados en un formato atractivo que facilita la comprensión y el interés de los lectores.

Revista Multidisciplinaria Ecuacientífica tiene un enfoque bianual, con ediciones publicadas de mayo a octubre y de noviembre a abril, además de ediciones especiales destinadas a temas específicos de relevancia. Su misión es ser un espacio de intercambio académico y científico, promoviendo el avance del conocimiento en las disciplinas mencionadas.

La revista está dirigida a investigadores, docentes, estudiantes y profesionales, así como a cualquier lector interesado en la generación y difusión del conocimiento. Además, extiende su alcance a universidades, instituciones educativas y organizaciones tanto nacionales como internacionales, incluyendo sectores públicos y privados que valoran la multidisciplinariedad en la producción científica.

ÍNDICE

Revista Multidisciplinaria Ecuacientífica

1. RESPUESTA CONDUCTUAL DE POSTLARVAS DE CAMARÓN BLANCO LITOPENAEUS VANNAMEI FRENTE A LA PRESENCIA DE FILTROS SOLARES EN EL AGUA 1-16

2. COMPROMISO ORGANIZACIONAL Y LA RETENCIÓN DEL TALENTO HUMANO EN EL SECTOR FINANCIERO DEL CANTÓN PUJILÍ 17-26

3. LA CULTURA TRIBUTARIA EN PEQUEÑOS NEGOCIOS E INFORMALIZACIÓN DE COMERCIANTES AMBULANTES EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA 27-49

4. RELACIÓN ENTRE PRÁCTICAS DE CONTABILIDAD AMBIENTAL Y RENTABILIDAD EN LAS COOPERATIVAS DE AHORRO Y CRÉDITO 50-71

ÍNDICE

Revista Multidisciplinaria Ecuacientífica

5. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA ESCALERA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL MANUAL DE PELDAÑOS PLANOS PARA REDUCIR LA FATIGA FÍSICA EN LA FUNDACIÓN ECOSUR - ECUADOR 72-92

6. CAJAS DE AHORRO INFORMAL COMO ALTERNATIVA DE INCLUSIÓN FINANCIERA EN EL CANTÓN LA MANÁ, ECUADOR 93-109

7. EMPLEO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA SÍNTESIS DE MATERIALES BASADOS EN FÍSICA EN RECONSTRUCCIÓN PATRIMONIAL 110-126

8. VALORIZACIÓN BIOTECNOLÓGICA DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES ECUATORIANOS PARA BIOINSUMOS Y BIOPRODUCTOS: REVISIÓN APLICADA CON MATRIZ DE DECISIÓN 127-145

ÍNDICE

Revista Multidisciplinaria Ecuacientífica

9. IMPACTO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA EN LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE Y EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS EN EDUCACIÓN SUPERIOR: REVISIÓN SISTEMÁTICA Y METAANÁLISIS 146-158

10. EVALUACIÓN Y MITIGACIÓN DE RIESGOS LABORALES MEDIANTE SISTEMAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL DE PROCESAMIENTO DE VEGETALES Y ALIMENTOS 159-171

11. ELABORACIÓN DE MERMELADA PREBIÓTICA CON DIFERENTES NIVELES DE PULPA DE COPOAZÚ 179-189

12. EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE CARNE POR HARINA DE SOYA SOBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS, SENSORIALES Y MICROBIOLÓGICAS DE HAMBURGUESAS 190-201

ÍNDICE

Revista Multidisciplinaria Ecuacientífica

13. LA MEDIACIÓN COMO MEDIO ALTERNATIVO EN LA SOLUCIÓN DE CONFLICTOS 202-215

14. ANÁLISIS JURÍDICO DEL USO DE LA EVIDENCIA DIGITAL EN LOS PROCESOS PENALES Y SU IMPACTO EN LA GARANTÍA DEL DEBIDO PROCESO 216-228

15. APLICACIÓN DE Saccharomyces cerevisiae Y EXTRACTOS FRUTALES EN LA POSCOSECHA DEL CACAO (Theobroma Cacao L.) COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL GRANO Y EL PERFIL SENSORIAL DE LA PASTA DE CACAO 229-262

16. LA CONTABILIDAD SOCIAL COMO HERRAMIENTA ESTRATÉGICA PARA LA SOSTENIBILIDAD EN LAS EMPRESAS PESQUERAS DE MANTA, MANABÍ, ECUADOR 263-277

ÍNDICE

Revista Multidisciplinaria Ecuacientífica

17. APLICACIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA FORTALECER LA SOSTENIBILIDAD Y COMPETITIVIDAD DE LOS EMPRENDIMIENTOS EMPRESARIALES EN ECUADOR 278-296

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 1-16

DOI:
https://doi.org/10.56519/res44b81
Agosto 2026

RESPUESTA CONDUCTUAL DE POSTLARVAS DE CAMARÓN BLANCO *LITOPENAEUS VANNAMEI* FRENTE A LA PRESENCIA DE FILTROS SOLARES EN EL AGUA

BEHAVIORAL RESPONSE OF WHITE SHRIMP POSTLARVAE *LITOPENAEUS VANNAMEI* TO THE PRESENCE OF SUNSCREENS IN THE WATER

Fatima Cedeño Cuenca[1], José Falconí Novillo[2]

{fcedenoc4@unemi.edu.ec[1], jfalconin@unemi.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 19/06/2026 / Fecha de aceptación: 15/07/2026 / Fecha de publicación: 25/08/2026

RESUMEN: Los filtros solares son contaminantes emergentes que pueden llegar a los cuerpos de agua por el uso recreativo y por descargas domésticas. El comportamiento locomotor de las postlarvas de *Litopenaeus vannamei* expuestas a 25 y 300 mg/L de protector solar fue el objeto de estudio de esta investigación. Para ello se aplicó un bioensayo estático que contenía un control y dos tipos de tratamientos (25 y 300 mg/L) evaluados tras 24 h y 48 h de exposición. La actividad fue estimada por medio de la distancia recorrida y la estadística fue una complementación de la media de las distancias de desplazamiento, del coeficiente de variación (CV) y del análisis de densidad de Kernel. En cuanto a las diferencias, las pruebas de comparación para la distancia media de desplazamiento no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$). No obstante, a las 24 h el tratamiento de 25 mg/L mostró la mayor variabilidad (CV = 171,3%) y la mayor dispersión de los datos con valores extremos, mientras que a las 48 h los grupos de los tratamientos mostraron una mayor proporción de registros en distancias bajas, lo que anida con una reducción general de la actividad locomotora. En resumen, los resultados reflejan cambios en la variabilidad y en la distribución de la respuesta que no se perciben al comparar solamente las medias. Estos hallazgos aportan evidencia inicial sobre posibles efectos subletales de los filtros solares en postlarvas de *L. vannamei* y respaldan el uso de indicadores conductuales en estudios ecotoxicológicos.

Palabras clave: Litopenaeus vannamei, filtros solares, comportamiento locomotor, efectos subletales, ecotoxicología, variabilidad conductual

[1]Universidad Estatal de Milagro, https://orcid.org/0009-0008-3000-3188.
[2]Universidad Estatal de Milagro, https://orcid.org/0000-0003-2623-115X.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 1-16

DOI:
https://doi.org/
Agosto 2026

ABSTRACT: Sunscreens are emerging pollutants that can enter water bodies through recreational use and domestic discharges. This study investigated the locomotor behavior of Litopenaeus vannamei postlarvae exposed to 25 and 300 mg/L of sunscreen. A static bioassay was conducted, consisting of a control and two treatment groups (25 and 300 mg/L), which were evaluated after 24 and 48 hours of exposure. Activity was estimated based on the distance traveled, and the statistical analysis included the mean displacement distances, the coefficient of variation (CV), and Kernel density analysis. As for the differences, the comparison tests for the mean displacement distance showed no statistically significant differences ($p > 0.05$). However, at 24 h, the 25 mg/L treatment showed the greatest variability (CV = 171.3%) and the widest dispersion of data with extreme values, whereas at 48 h, the treatment groups showed a higher proportion of records at short distances, which is consistent with an overall reduction in locomotor activity. In summary, the results reflect changes in the variability and distribution of the response that are not apparent when comparing only the means. These findings provide initial evidence of possible sublethal effects of sunscreens on L. vannamei postlarvae and support the use of behavioral indicators in ecotoxicological studies.

Keywords: Litopenaeus vannamei, sunscreens, locomotor behaviour, sublethal effects, ecotoxicology, behavioural variability

INTRODUCCIÓN

La presencia de compuestos emergentes en los ecosistemas acuáticos se relaciona con el uso cotidiano de sustancias químicas y con el incremento de las actividades humanas. Dentro de este grupo se encuentran los filtros solares, presentes en productos de cuidado personal que pueden llegar a zonas costeras y marinas por actividades recreativas, descargas domésticas y efluentes de plantas de tratamiento (1, 2, 3, 4, 5). Algunos de estos compuestos persisten en el ambiente y se han detectado en agua, sedimentos y tejidos biológicos, lo que favorece su interacción con organismos acuáticos (1, 2, 6, 7). Los protectores solares contienen filtros ultravioleta orgánicos e inorgánicos diseñados para absorber o reflejar radiación UV. Sin embargo, varios estudios han reportado efectos adversos de ciertos compuestos, entre ellos oxibenzona y octinoxato, en organismos marinos (8, 9, 10, 11).

La ecotoxicología conductual permite observar señales tempranas de estrés antes de que aparezcan efectos letales. Variables como la actividad locomotora, los patrones de nado, la capacidad de respuesta y los movimientos erráticos son útiles para explorar efectos subletales de contaminantes químicos (12, 13, 14, 15, 16). Estos cambios pueden influir en procesos relevantes para la supervivencia, como la búsqueda de alimento, la evasión de depredadores y la reproducción (17, 18). El camarón blanco del Pacífico, *Litopenaeus vannamei*, posee gran importancia para la acuicultura ecuatoriana. Sus etapas larvarias y postlarvarias son sensibles a variaciones de la calidad del agua, por lo que pueden utilizarse como modelo en ensayos toxicológicos y ecotoxicológicos (19, 20, 21).

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 1-16
DOI: https://doi.org/
Agosto 2026

Aunque el interés por los filtros solares en ambientes acuáticos ha aumentado, la información sobre sus efectos conductuales en crustáceos de importancia acuícola sigue siendo limitada (8, 21). Los estudios disponibles muestran que la respuesta puede cambiar según la concentración, el tiempo de exposición y la sensibilidad de los individuos, por lo que el análisis de promedios no siempre permite describir toda la variabilidad del comportamiento (15, 21, 22, 23). Por ello, este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de 25 y 300 mg/L de protector solar sobre el comportamiento locomotor de postlarvas de *L. vannamei*, mediante el análisis de la distancia recorrida, la variabilidad conductual y la distribución de la respuesta locomotora. El estudio busca aportar información sobre posibles efectos subletales de los filtros solares en organismos acuáticos.

Los efectos observados en organismos acuáticos no son iguales para todos los filtros solares ni para todas las especies. Dependen de la composición del producto, la concentración, el tiempo de contacto y las condiciones del agua (6, 7, 8, 11). De este modo, los ensayos de laboratorio deben considerarse como una aproximación controlada, no como una reproducción exacta de lo que ha sucedido en un ecosistema. Pese a la limitación que comporta, sí permiten la detección de señales que justificarían estudios posteriores ya con concentraciones ambientalmente representativas y además un mayor control fisicoquímico.

Estudiar el movimiento de las postlarvas resulta pertinente porque el desplazamiento forma parte de actividades básicas como la exploración, la alimentación y la respuesta frente a estímulos del ambiente. La presente investigación se centró en describir si las concentraciones evaluadas se asociaban con cambios en la distancia recorrida y en la variabilidad del comportamiento. No se pretendió identificar el ingrediente responsable del efecto, sino aportar una primera descripción de la respuesta de *L. vannamei* ante la exposición experimental.

El análisis de este tipo de respuesta es especialmente útil cuando los organismos no muestran mortalidad inmediata, pero sí cambios que pueden anticipar una alteración de su desempeño. La distancia recorrida no resume por completo el comportamiento; por eso se incorporaron medidas de variación y gráficos de distribución. Esta combinación permite describir con mayor detalle cómo se comportan los individuos dentro de cada tratamiento y evita que una sola medida o un solo promedio determine la interpretación del estudio (12, 14, 15, 16).

MATERIALES Y MÉTODOS

Organismos y condiciones experimentales

Se utilizaron postlarvas de *Litopenaeus vannamei* en estadio PL13, obtenidas de un laboratorio de cultivo larvario comercial. Se transportaron al sitio experimental evitando cambios bruscos de temperatura y salinidad. En el laboratorio se mantuvieron en

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 1-16
DOI: https://doi.org/
Agosto 2026

recipientes de 2 L con agua de mar filtrada, aireación constante y un ciclo de 12 h de luz y 12 h de oscuridad. La salinidad se mantuvo en 33 PSU y la temperatura en 25 °C, condiciones adecuadas para el cultivo de la especie (19). Durante el mantenimiento se realizó sifoneo cada dos días para retirar residuos orgánicos.

Antes de iniciar el ensayo, las postlarvas permanecieron 48 h en aclimatación. Este periodo buscó reducir el efecto de la manipulación antes de la exposición experimental.

Preparación de soluciones y concentraciones

Las soluciones se prepararon a partir de un protector solar comercial y agua de mar como medio de dilución. Se empleó un diseño de exposición estática con tres tratamientos: control (0 mg/L), concentración baja (25 mg/L) y concentración alta (300 mg/L) (24). Para 300 mg/L se disolvieron 1,8 g de producto en 6 L de agua de mar; para 25 mg/L se disolvieron 0,3 g en 12 L. Las soluciones se agitaron durante 10 min con agitador magnético antes de su uso.

Tabla 1. Tratamientos experimentales y cálculo de concentraciones de protector solar.

Parámetro	**Tratamiento 1**	**Tratamiento 2**	**Tratamiento 3**
Tipo de tratamiento	Control	Bajo	Alto
SPF	100	100	100
Concentración (mg/L)	0	25	300
Concentración relativa (%)	0	8,3	100
Cantidad protector solar (g)	0	0,3	1,8
Volumen (L)	6	12	6
Relación (g/L)	0	0,025	0,3

Nota. Las concentraciones se calcularon a partir de la relación masa/volumen y se expresaron en mg/L. La concentración relativa tomó como referencia el tratamiento de 300 mg/L (100%).

Diseño experimental

El ensayo se realizó en recipientes transparentes de 200 mL, con 90 mL de la solución correspondiente en cada unidad. Se seleccionaron postlarvas de tamaño semejante para reducir la variación biológica. El sistema fue de exposición directa y no incluyó gradientes espaciales; por ello, permitió evaluar cambios en la actividad locomotora, pero no respuestas de evitación (12, 13, 14, 15, 16).

Se situó una postlarva por unidad experimental y se trabajó con 12 réplicas por tratamiento. La asignación fue aleatoria. Antes del registro, cada uno de los organismos fue acondicionado durante 2 min; a continuación, se realizó una grabación continua de 3 min. Las observaciones se realizaron a las 24 y 48 h de exposición.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 1-16

DOI:
https://doi.org/
Agosto 2026

Variables de estudio

La variable principal fue la distancia total recorrida por cada una de las postlarvas, utilizada como indicador de actividad locomotora. También se registraron observaciones cualitativas, como movimientos erráticos, inmovilidad, disminución de la actividad y posibles respuestas de escape (3, 12).

Análisis de datos

La distancia recorrida se obtuvo a partir de videograbaciones procesadas con ImageJ y Tracker. El análisis estadístico se realizó en R (v. 4.5.3). Se calcularon media, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación (CV%) para describir la dispersión de los datos.

La normalidad y la homogeneidad de varianzas se evaluaron con las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene. Debido a la dispersión y a la presencia de valores atípicos, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Como complemento descriptivo se elaboraron histogramas y estimaciones de densidad de Kernel con ggplot2 (25, 26).

RESULTADOS

3.1 Actividad locomotora y distancia de desplazamiento

Se evaluó el efecto de dos concentraciones de protector solar (25 mg/L y 300 mg/L) sobre la actividad locomotora de postlarvas de *Litopenaeus vannamei*. El análisis de la respuesta conductual mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis no reveló variaciones estadísticamente significativas en la distancia neta de movimiento en ninguno de los tiempos de evaluación. A las 24 horas de exposición, los organismos mostraron patrones de movimiento comparables al grupo control ($p = 0.28$). Los valores promedio registrados para los tratamientos de baja (55.6 ± 94.7 mm) y alta concentración (46.3 ± 62.8 mm) fueron superiores al control (18.0 ± 22.4 mm). Sin embargo, la alta dispersión de los datos impidió establecer una diferencia estadística (Figura 1). A las 48 horas, no se detectaron diferencias significativas ($p = 0.58$). No obstante, los grupos expuestos presentaron valores inferiores al control. Las postlarvas bajo el tratamiento de baja concentración recorrieron un promedio de 14.6 mm y las de alta concentración 18.2 mm, mientras que el grupo control alcanzó 32.3 mm. Los diagramas de caja muestran mediana, rango intercuartílico y variabilidad individual ($n = 12$ por tratamiento). La prueba de Kruskal-Wallis no mostró diferencias significativas entre grupos ($p > 0,05$).

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 1-16

DOI:
https://doi.org/
Agosto 2026

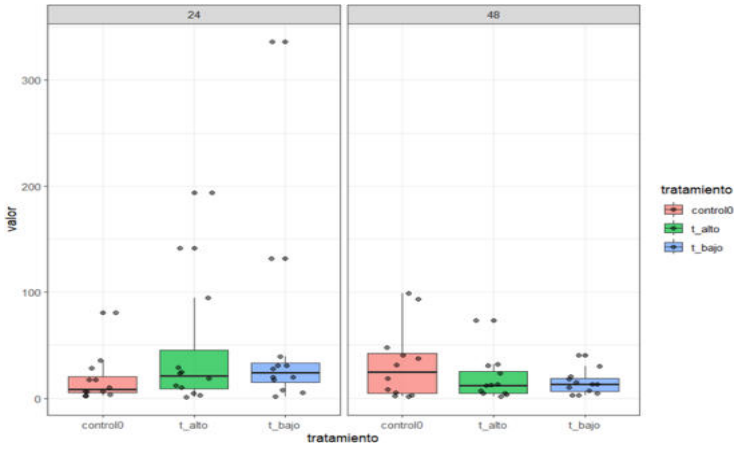


Figura 1. Distancia recorrida (mm) por postlarvas de L. vannamei expuestas a distintas concentraciones de filtros solares durante 24 y 48 h.

3.2 Estabilidad conductual y coeficiente de variación (CV%)

Debido a que la magnitud del desplazamiento no mostró diferencias significativas, se empleó el coeficiente de variación (CV%) como apoyo descriptivo para observar la estabilidad de la respuesta. A las 24 h, el grupo de baja concentración alcanzó el valor más alto (CV = 171,3%), por encima del control y del tratamiento de 300 mg/L. A las 48 h, los valores de CV disminuyeron, sobre todo en 25 mg/L (77,6%), lo que coincide con una respuesta más concentrada en distancias bajas.

Tabla 2. Parámetros descriptivos del desplazamiento locomotriz de L. vannamei.

Tiempo (h)	Tratamiento	Promedio (mm)	Desv. Estándar (±)	Variabilidad (CV%)
24	Control	18.0	22.4	125.7%
24	Bajo (25 mg/L)	55.6	94.7	171.3%
24	Alto (300 mg/L)	46.3	62.8	136.6%
48	Control	32.3	33.9	105.7%
48	Bajo (25 mg/L)	14.6	11.4	77.6%
48	Alto (300 mg/L)	18.2	20.3	111.6%

Nota. En la Tabla 2 se observa que, a las 24 h, los tratamientos con protector solar presentaron valores promedio superiores al control, mientras que a las 48 h se registró una disminución en los organismos expuestos. Los coeficientes de variación elevados muestran una respuesta dispersa, por lo que los datos deben interpretarse junto con los gráficos de distribución y no solo con los promedios.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 1-16
DOI: https://doi.org/
Agosto 2026

3.3 Observaciones cualitativas y patrones de movimiento

Complementando el análisis cuantitativo de la actividad locomotora, las observaciones cualitativas permitieron identificar alteraciones conductuales relevantes que no fueron completamente evidentes mediante las métricas de distancia recorrida. A lo largo de las jornadas experimentales se registraron alteraciones progresivas del comportamiento locomotor de las postlarvas sometidas a filtros solares, experimentándose en particular en los tratamientos de 25 y 300 mg/L, en respuesta a mecanismos vinculados al estrés químico y/o percepción del contaminador.

En la primera medición realizada a las 24 h, las postlarvas que percibieron el tratamiento de 25 mg/L presentaron episodios de aumentada actividad, desarrollando movimientos rápidos y bruscos dentro del recipiente experimental; en varias postlarvas se registraron movimientos de escape, aceleraciones bruscas y trayectorias erráticas alternadas con cortos episodios de reposo. Este patrón puede caracterizarse como una conducta como respuesta inicial a la estimulación de la exposición.

En el contexto de los 300 mg/L, las respuestas comportamentales fueron más heterogéneas: aunque hubo casos de individuos que presentaron en sus movimientos (activación inicial), la mayoría mostró hombros menos coordinados y un comportamiento relativamente asociado a la permanencia en determinados lugares del recipiente. Se registraron trayectorias circulares, movimientos en espiral y desplazamientos erráticos, sin dirección determinada, que se consideran un signo de la alteración neuroconductual de los organismos acuáticos expuestos a condiciones de toxicidad; además se podía observar pérdida parcial de estabilidad en el movimiento, lo que se hacía visible a partir de cambios bruscos de la orientación corporal, y dificultades para mantener patrones continuos de nado.

A las 48 horas los fallos conductuales se hicieron evidentes en ambos tratamientos. Las postlarvas expuestas, tras estas 48 horas presentaron un descenso general de la actividad locomotora, acompañada de periodos largos de inmovilidad y reducción de la frecuencia de los desplazamientos; este comportamiento fue más evidente en el tratamiento de 300 mg/L, ya que muchos individuos permanecieron en estado de inmovilidad durante periodos largos, que fue interrumpido solamente por movimientos cortos y poco frecuentes. Este estado sugiere un estado de depresión motora o sopor asociado al tiempo de exposición al contaminante.

De la misma forma, dentro de algunos organismos expuestos hemos visto síntomas de desorientación, evidenciados por choques sucesivos contra las paredes del recipiente y cambios bruscos en la dirección del movimiento. Estos comportamientos reflejan, en principio, que se pueden ver alterados los sistemas de percepción del espacio y de la motricidad. Por el contrario, el grupo control tuvo un patrón manifiestamente y muy consolidado en el transcurso del experimento, caracterizado no solo por unas trayectorias

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 1-16
DOI:
https://doi.org/
Agosto 2026

de desplazamiento más regulares, sino también una menor frecuencia de presencia de períodos de inmovilidad y un desplazamiento más homogéneo entre los individuos.

Las observaciones cualitativas también nos indican una notable variabilidad intraespecífica en la respuesta al contaminante: así, mientras unos organismos responden con actividad muy intensa otros inmediatamente responden inhibiendo el movimiento, lo que pone de manifiesto diferencias individuales en la sensibilidad fisiológica y la tolerancia al estrés químico. Esta heterogeneidad es consistente con los altos valores observados del coeficiente de variación a las 24 h, lo que corrobora la existencia de una fragmentación conductual entre las poblaciones expuestas.

Los patrones observados describen cambios conductuales en las postlarvas expuestas a filtros solares. La respuesta no fue uniforme entre individuos y cambió con el tiempo, pasando de registros más dispersos a las 24 h hacia una mayor concentración de distancias bajas a las 48 h. Por ello, más que hablar de un efecto definitivo, los datos permiten reconocer señales conductuales que deben confirmarse en estudios posteriores.

3.4 Relación dosis-respuesta no lineal

Los datos descriptivos no mostraron una relación dosis-respuesta lineal clara (Figura 2). El tratamiento de 25 mg/L a las 24 h presentó un promedio de distancia recorrida superior al del tratamiento de 300 mg/L, lo que sugiere una actividad inicial mayor para la concentración baja. Esta tendencia fue invertida a las 48 h, ya que los organismos expuestos a este concentrado se desplazaron menos, especialmente en el tratamiento a mayor concentración. Este resultado indica que el tiempo de exposición ha tenido un efecto en la respuesta observada.

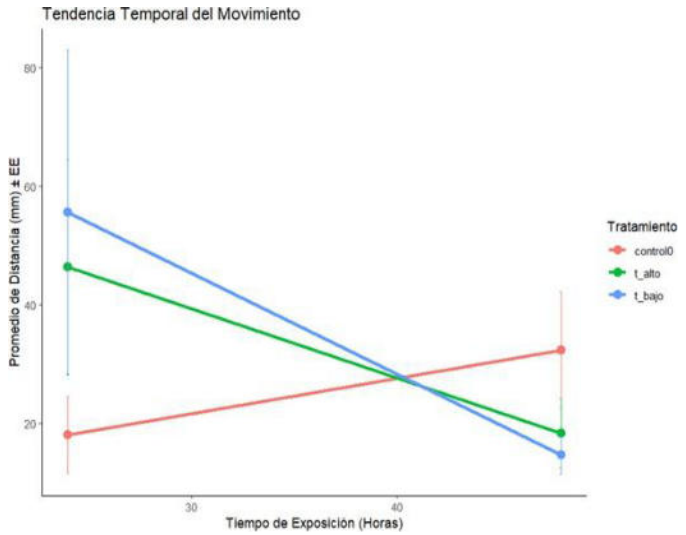


Figura 2. Gráfico de interacción que muestra los cambios en la actividad locomotora entre tratamientos y tiempos de exposición.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 1-16

DOI:
https://doi.org/
Agosto 2026

3.5 Análisis de densidad y distribución de frecuencias

El análisis de histogramas de frecuencia permitió evaluar la estructura de la respuesta locomotora a nivel poblacional, tal como se observa en la Figura 3. Pasadas 24 h de exposición, el grupo control exhibió unos valores concentrados en los bajos desplazamientos, lo que demuestra una conducta relativamente homogénea. Por el contrario, los tratamientos testados exhibieron distribuciones más anchas y dispersas, además de la presencia de datos extremos, en el caso del tratamiento de 25 mg/L, se identificó la presencia de individuos con grandes desplazamientos, provocando así que la distribución mostrase una "cola larga" en ella.

Este tipo de comportamiento es una respuesta no homogénea, donde coexisten organismos con actividad locomotora alta y baja, lo que da lugar a una fragmentación de la respuesta poblacional al contaminante. A las 48 h, los histogramas muestran un desplazamiento general de las distribuciones hacia rangos bajos de movimiento (0-50 mm), reflejando que se trata de una proporción mayor de organismos con actividad reducida. Este tipo de patrón sugiere un paso hacia un estado de inhibición o depresión motora.

El grupo control tiene una representación más amplia de las distribuciones, lo que pone de relieve una mayor estabilidad de la actividad locomotora. La representación gráfica permite detectar variaciones en la moldura y dispersión de las respuestas en las distribuciones que no se detectan con los promedios, haciendo énfasis en una dinámica temporal en la respuesta conductual y tomando en consideración la importancia de evaluar la forma de la estructura poblacional para detectar efectos subletales.

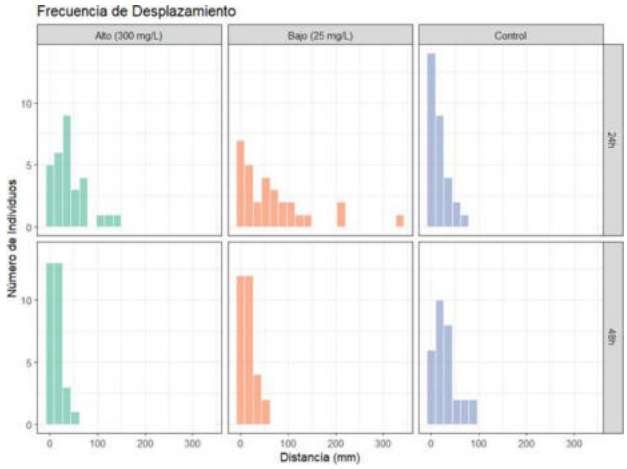


Figura 3. Histogramas de frecuencia del desplazamiento (mm) en postlarvas de L. vannamei expuestas a diferentes concentraciones de protector solar.

3.6 Índice de inestabilidad conductual (CV%)

El análisis del coeficiente de variación (CV%) permitió evaluar la variabilidad conductual entre tratamientos y tiempos de exposición, tal como se observa en la Figura 4. A las 24

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 1-16

DOI:
https://doi.org/
Agosto 2026

horas, el tratamiento de 25 mg/L presentó el mayor nivel de inestabilidad (CV = 171,3%), superando tanto al control como al tratamiento de 300 mg/L, lo que indica una alta heterogeneidad en la respuesta locomotora de los individuos expuestos a concentraciones subletales. Esta tendencia sugiere que los organismos muestran respuestas diferentes a las primeras exposiciones, como respuesta a la percepción de la sustancia nociva.

Con 48 horas, se puede observar que todos los tratamientos presentan una disminución general del coeficiente de variación (CV %), siendo el tratamiento de 25 mg/L el que muestra una bajada más acentuada (77.6 %). La disminución de la variabilidad parece una tendencia hacia un comportamiento general más homogéneo, asociado a una disminución de la actividad locomotora. Este patrón revela la tendencia de un estado inicial de excitación (caracterizado por la alta variabilidad) a uno de depresión motora (donde los organismos muestran movimientos más semejantes y escasos).

La figura revela la temporalidad de la respuesta conductual, donde la alta variabilidad inicial puede entenderse como una de las primeras evidencias de estrés, y la estabilización de la variabilidad como el componente de la disminución de la actividad. En este contexto, los resultados respaldan el uso del CV% como un biomarcador sensible para la detección de efectos subletales en organismos acuáticos.

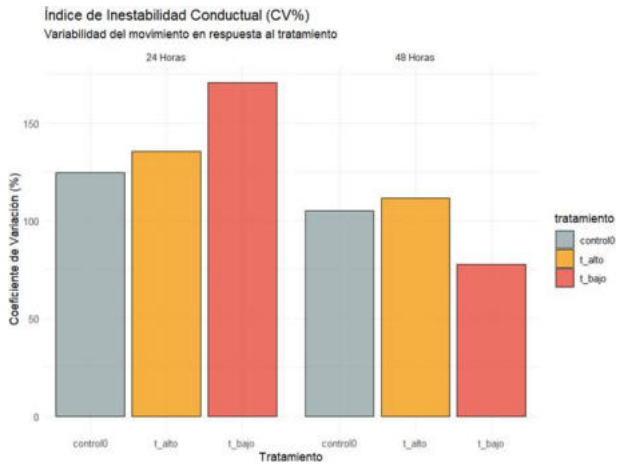


Figura 4. Índice de inestabilidad conductual expresado como coeficiente de variación (CV%) en postlarvas de L. vannamei.

3.7 Análisis detallado de densidad y estructura conductual

3.7.1 Distribución y dispersión a las 24 horas

Tras 24 h de exposición, el análisis de densidad y de la distribución de frecuencias mostró diferencias descriptivas en la organización de la respuesta locomotora entre los grupos (Figura 5). El control mostró distribuciones más estrechas y distribuidas en desplazamientos más pequeños, en contraposición, los tratamientos testados mostraron curvas más amplias.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 1-16
DOI: https://doi.org/
Agosto 2026

Los tratamientos expuestos a filtros solares mostraron distribuciones más amplias y dispersas, mostrando una respuesta no tan homogénea. En el tratamiento de 25 mg/L el tratamiento mostró la curva de densidad más ancha y notoria heterogeneidad entre los individuos.

Al mismo tiempo, el tratamiento a 25 mg/L mostró evidencias de picos secundarios en los rangos intermedios de desplazamiento (150-200 mm), pero indicio de una distribución multimodal en la población. En este caso, esta distribución refleja una fragmentación de la respuesta conductual en reiterados subgrupos, así como la existencia de distintos niveles de sensibilidad al contaminante. La existencia de estas subpoblaciones es la evidencia de una cierta pérdida de sincronización conductual, así como de la homeostasis grupal frente al estrés químico.

Por otro lado, el tratamiento a 300 mg/L arrojó muestras de una distribución más compacta que la del tratamiento a 25 mg/L, pero siempre mostrando una distribución más amplia que la presentó el grupo control. En este caso, la actividad locomotora se vio concentrada principalmente en rangos de desplazamiento moderados, con menor presencia de valores extremos, lo que indicaría que concentraciones más elevadas del contaminante podrían inducir una inhibición más temprana de la actividad locomotora, limitando la presencia de respuestas hiperactivas presentes en el tratamiento a 25 mg/L.

El ensanchamiento de las curvas de densidades de los tratamientos refleja la existencia de mayor variabilidad intraespecífica y de una respuesta de comportamiento menos predecible a la exposición al protector solar. Este tipo de comportamiento sería coherente con los valores altos del coeficiente de variación a las 24 horas, en particular en el tratamiento con menor concentración (CV = 171,3 %), lo que vuelve a corroborar que la variabilidad del comportamiento al movimiento puede ser un biomarcador sensible de estrés subletal.

Por otro lado, desde una perspectiva ecotoxicológica, la dispersión que observamos también puede indicar que las postlarvas deben haber modificado su tipo de movimiento ante la exposición. La existencia de individuos de alto vidrio y de bajo vidrio indica también que la respuesta no es uniforme y que por lo tanto es conveniente contar con la distribución total de los datos.

3.7.2 Desplazamiento de la densidad a las 48 horas

A las 48 h de exposición, el análisis de densidad mostró una modificación visible en la estructura de la respuesta locomotora de las postlarvas de *Litopenaeus vannamei* expuestas a filtros solares. En comparación con las 24 h, las curvas de los tratamientos se desplazaron hacia valores más bajos de desplazamiento.

Los histogramas de frecuencia mostraron una concentración predominante de organismos en el rango de 0 a 10 mm de desplazamiento, particularmente en el tratamiento de 300 mg/L. El comportamiento sugerido también indica que existe una tendencia a estados de

movimiento muy bajo, como, por ejemplo, inmovilidad parcial o letargo y el movimiento escaso que las caracteriza, los trayectos cortos y la existencia de períodos largos de reposo. La disminución de la amplitud de las distribuciones manifiesta la pérdida de la hiperactividad observada en las primeras veinticuatro horas y pone de manifiesto la transición hacia respuestas de depresión motora, secuelas del incremento del tiempo de exposición.

En el tratamiento de 25 mg/L, las mediciones aún determinan algunos individuos con desplazamientos moderados, pero la mayoría estuvo caracterizada por niveles de actividad locomotora muy reducidos, con una distribución más concentrada (menos dispersa) que la inicial, lo que sugiere una homogenización progresiva de la conducta dentro del grupo experimental, donde las respuestas individuales tienden a convergir en niveles bajos de movilidad, proceso que también iría acompañado de la reducción de la dispersión observada a las 48 horas que corresponde al espacio de tiempo en el que se determina una estabilización de la respuesta fisiológica de los individuos frente a la exposición temporal al estrés químico.

Por el contrario, el grupo control ofreció una distribución más amplia y equilibrada, con individuos distribuidos en diferentes rangos de desplazamiento y sin una acumulación predominante en valores cercanos a cero. Lo que nos permite concluir que las postlarvas no expuestas mantuvieron patrones locomotores más activos y más continuos, así como una organización conductual relativamente estable durante el desarrollo del ensayo.

El desplazamiento de las curvas de densidad hacia valores bajos puede interpretarse como un descenso en el desempeño locomotor de los animales en condiciones de ensayo, pero esta lectura debe ser cautelosa, porque el bioensayo no arrojó biomarcadores fisiológicos y no se realizó un análisis de la medición de los componentes presentes en el agua.

Asimismo, el cambio desde distribuciones amplias y heterogéneas hacia curvas más estrechas y concentradas muestra una variación temporal en la respuesta. En términos descriptivos, primero se observaron registros más dispersos y luego una mayor agrupación en distancias bajas, lo que coincide con la reducción general del movimiento.

3.8 Relación entre densidad y variabilidad (CV%)

La estructura de las curvas de densidad es consistente con los valores elevados de coeficiente de variación observados a las 24 horas. Las distribuciones extensas, junto a la existencia de valores extremos son indicativos de que los individuos no respondieron de forma homogénea, sino de una alta dispersión entre individuos.

Las curvas sugieren la probabilidad de ocurrencia de individuos bajo diferentes niveles de actividad, y se puede observar una información más amplia de las distribuciones a las 24h de los tratamientos y un desplazamiento hacia valores bajos de movimiento a las 48h.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 1-16

DOI:
https://doi.org/
Agosto 2026

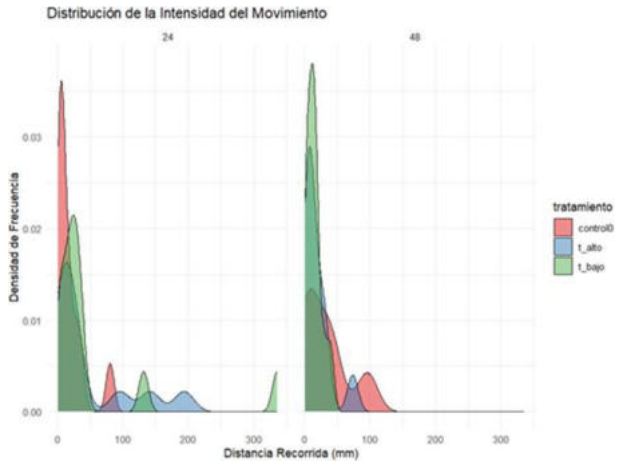


Figura 5. Distribución de densidad de la actividad locomotora (mm) en postlarvas de L. vannamei.

DISCUSIÓN

La comparación de las distancias medias no mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. No debemos responsabilizarse por el efecto de las concentraciones que hemos evaluado sobre el desplazamiento promedio. Los resultados descriptivos sugieren que la respuesta no fue uniforme: a las 24 h el tratamiento 25 mg/L elaboró el coeficiente de variación más elevado y la distancia estuvo más distribuida, y a las 48 h los grupos expuestos concentraron más registros en distancias bajas pero sin revelar el mismo grado de variabilidad que el grupo control. En estudios de ecotoxicología conductual, estos cambios en variabilidad pueden complementar, pero no sustituir, la prueba estadística sobre las medias (12, 14, 15, 16).

Los valores extremos y la dispersión observada a las 24 h indican que algunos organismos se desplazaron más que otros bajo la misma condición de exposición. Esta heterogeneidad puede relacionarse con diferencias individuales, con la manipulación o con la exposición al producto. Por esa razón, no es posible atribuir por sí sola la variabilidad a un mecanismo específico. Aun así, el uso de histogramas y densidad de Kernel permitió describir un aspecto de los datos que el promedio no muestra con claridad (23, 25, 26).

La reducción general del movimiento a las 48 h merece una interpretación prudente. Puede ser compatible con una menor actividad locomotora, pero el estudio no midió biomarcadores fisiológicos ni la concentración efectiva de los componentes del protector solar. Tampoco permite separar el efecto de los filtros UV del de otros ingredientes de la formulación. Por ello, los resultados deben leerse como una respuesta conductual observada bajo las condiciones del bioensayo y no como evidencia de un mecanismo neurológico, endocrino o metabólico determinado (8, 9, 10, 11).

La ausencia de una relación dosis-respuesta lineal en los datos descriptivos tampoco debe interpretarse como una prueba de una respuesta bifásica. La mayor dispersión a 25 mg/L

puede obedecer a una combinación de variación individual, tamaño de muestra y exposición al producto. Por ello, el patrón observado debe confirmarse con réplicas independientes y con análisis diseñados para evaluar simultáneamente concentración y tiempo de exposición (22, 23, 25).

El diseño tampoco permite estimar por sí mismo el riesgo ambiental. Las concentraciones fueron nominales y el estudio se realizó en condiciones controladas, mientras que en ambientes naturales intervienen dilución, corrientes, luz, mezcla con otros contaminantes y variaciones de temperatura y salinidad. Las diferencias no invalidan el bioensayo porque ésta no permite establecer la conclusión de que el producto trató de provocar alteraciones permanentes, pero la misma se torna en un límite a las mejores conclusiones y a mejoras para trabajos posteriores.

La percepción de que no hay diferencia estadística no indica que no recoja ningún efecto, pero tampoco permite establecer la conclusión de que el producto haya tratado de provocar alteraciones permanentes. El resultado debe ser interpretado dentro del marco de límites de nuestro diseño, el cual contextualizamos ante la alta variabilidad y el conveniente hecho de replicar el ensayo.

Desde una perspectiva ambiental, el comportamiento locomotor es relevante porque participa en la búsqueda de alimento, la evasión de depredadores y el uso del hábitat (12, 13, 18). Los hallazgos justifican continuar con ensayos que incorporen control fisicoquímico del agua, verificación analítica de las concentraciones, mayor tamaño de muestra y exposiciones más cercanas a escenarios ambientales. También sería útil integrar variables fisiológicas o bioquímicas para relacionar los cambios de comportamiento con otros indicadores de estrés (3, 7, 14).

CONCLUSIONES

A las condiciones de este bioensayo, las concentraciones de 25 y 300 mg/L de protector solar no provocan diferencias significativas en el desplazamiento medio de las postlarvas de *L. vannamei* a las 24 h ni a las 48 h.

El tratamiento de 25 mg/L presentó la mayor variabilidad a las 24 (CV = 171,3%), y los análisis de la distribución mostraron una respuesta más dispersa que la del grupo control. A las 48 h, los grupos expuestos presentaban una mayor concentración de registros en distancias bajas. Estos patrones descriptivos sugieren cambios conductuales que requieren confirmación en nuevos ensayos.

La distancia media, el coeficiente de variación, los histogramas y la densidad de Kernel aportaron información complementaria para describir la respuesta locomotora. Para establecer la importancia ecológica de los patrones observados se necesitan estudios con control fisicoquímico completo, análisis de los componentes presentes en el agua y mayor replicación.

Por todo lo dicho, los resultados deben valorarse como una evidencia exploratoria y no como una prueba de toxicidad específica. El valor del estudio radica en señalar que, aun cuando las medias no difieren significativamente, la forma de distribución de los datos puede ofrecer indicios útiles para determinar qué preguntas son las que necesitan ser analizadas en una siguiente etapa.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Jorge Cedeño por su colaboración en la recolección de datos; al laboratorio Virgen del Cisne por la provisión de las postlarvas; y al laboratorio de la Universidad Laica Eloy Alfaro por facilitar los equipos e instrumentos utilizados. También se reconoce el apoyo de la Universidad Laica Eloy Alfaro, la Universidad Estatal de Milagro, los docentes y los tutores que acompañaron el proceso investigativo.

DECLARACIÓN DE INTERÉS

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés relacionado con la publicación del presente artículo. Asimismo, no se recibió financiamiento externo que pudiera influir en los resultados obtenidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gago-Ferrero P, Díaz-Cruz MS, Barceló D. Occurrence of multiclass UV filters in aquatic environments. Chemosphere. 2015;120:578-585.
2. Tsui MMP, Leung HW, Wai TC, Yamashita N, Taniyasu S, Liu W, et al. Occurrence, distribution and ecological risk of UV filters. Water Res. 2014;67:55-65.
3. Sánchez-Quiles D, Tovar-Sánchez A. Are sunscreens a new environmental risk associated with coastal tourism? Environ Int. 2015;83:158-170.
4. Tovar-Sánchez A, Sánchez-Quiles D, Basterretxea G, Benedé JL, Chisvert A, Salvador A, et al. Sunscreen products as emerging pollutants to coastal waters. PLoS One. 2013;8(6):e65451.
5. Langford KH, Thomas KV. Inputs of chemicals from recreational activities into the coastal zone. J Environ Monit. 2008;10(7):894-898.
6. Fent K, Kunz PY, Zenker A, Rapp M. A tentative environmental risk assessment of UV filters. Environ Toxicol Chem. 2010;29(12):2597-2612.
7. Sharifan H, Ma X, Moore SK, Brownawell BJ. Occurrence and fate of ultraviolet filters in nearshore waters. Environ Sci Technol. 2016;50(6):2993-3003.
8. Hodge AA, Hopkins FE, Saha M, Jha AN. Ecotoxicological effects of sunscreen-derived UV filters on marine organisms: a review. Mar Pollut Bull. 2025;213:117627.
9. Coronado M, De Haro H, Deng X, Rempel MA, Lavado R, Schlenk D. Estrogenic activity and reproductive effects of oxybenzone in fish. Aquat Toxicol. 2008;90(3):182-187.

10. Kunz PY, Fent K. Multiple hormonal activities of UV filters in fish. Aquat Toxicol. 2006;79(4):305-324.
11. Kim S, Choi K. Occurrence, toxicity, and ecological risk of benzophenone-3 in aquatic environments. Environ Int. 2014;70:143-157.
12. Ribeiro F, Lopes I, Pereira R, Gonçalves F, Soares AMVM. Behavioral responses of aquatic organisms as indicators of environmental contamination. Ecol Indic. 2018;95:738-745.
13. Scott GR, Sloman KA. Effects of environmental pollutants on fish behaviour. Environ Pollut. 2004;129(2):179-190.
14. Hellou J. Behavioural ecotoxicology, an “early warning” signal to assess environmental quality. Environ Sci Pollut Res. 2011;18(1):1-11.
15. Ghalayini M, Hachicho N, Fritsch C, Schäffer A, Hollert H. Behavioral ecotoxicology: a new paradigm for assessing sublethal effects of emerging contaminants. Sci Total Environ. 2024;912:168845.
16. Marrone R, Cazenave J, Wunderlin DA. Behavioral variability as an indicator of sublethal stress in aquatic organisms exposed to environmental contaminants. Ecotoxicology. 2014;23(3):455-464.
17. Günal AÇ, Tunca SK, Arslan P, Gül G, Dinçel AS. Sublethal effects of permethrin on non-target aquatic organisms. Environ Sci Pollut Res. 2021;28:52405-52417.
18. Islam MS, Tanaka M, Yamashita Y. Effects of environmental stressors on aquatic organisms. Environ Sci Pollut Res. 2019;26(12):12025-12040.
19. Boyd CE. Water quality: an introduction. Cham: Springer; 2015.
20. Burbano-Gallardo E, Imués-Figueroa MA, Gonzalez-Legarda EA, Brito LO, Olivera Galvez A, Vinatea Arana LA. Supervivencia de poslarvas de Litopenaeus vannamei sometidas a la prueba de estrés osmótico y su relación con el estado de muda. Rev Biol Mar Oceanogr. 2015;50(2):323-330.
21. Malinovska V, Kuklina I, Grabicová K, Buřič M, Kozák P. Short-term effects of organic UV filters on crayfish locomotor activity. Ecotoxicol Environ Saf. 2023;259:115012.
22. Araújo CVM, Rodríguez-Romero A, Fernández M, Sparaventi E, Márquez-Medina M, Tovar-Sánchez A. Repellency and mortality effects of sunscreens on the shrimp Palaemon varians: toxicity dependent on exposure method. Chemosphere. 2020;257:127190.
23. Vignet C, Joassard L, Lyphout L, Guionnet T, Goubeau M, Le Menach K, et al. Non-monotonic behavioral responses to contaminants. Environ Sci Pollut Res. 2014;21(23):13818-13828.
24. Fent K, Weston AA, Caminada D. Ecotoxicology of human pharmaceuticals. Aquat Toxicol. 2006;76(2):122-159.
25. Zuur AF, Ieno EN, Elphick CS. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. Methods Ecol Evol. 2010;1(1):3-14.
26. Wickham H. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. 2nd ed. New York: Springer; 2016.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 17-26

DOI:
https://doi.org/10.56519/q2e2q461
Agosto 2026

COMPROMISO ORGANIZACIONAL Y LA RETENCIÓN DEL TALENTO HUMANO EN EL SECTOR FINANCIERO DEL CANTÓN PUJILÍ

ORGANIZATIONAL COMMITMENT AND HUMAN TALENT RETENTION IN THE FINANCIAL SECTOR OF PUJILI CANTON

Carlos Augusto Basantes Tipan[1], Ibett Mariela Jácome Lara[2]

{carlos.basantes6435@utc.edu.ec[1], ibett.jacome@utc.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 15/06/2026 / Fecha de aceptación: 30/07/2026 / Fecha de publicación: 25/08/2026

RESUMEN: La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar la relación entre el compromiso organizacional y la retención del talento humano en los colaboradores del sector financiero del Cantón Pujilí, Ecuador. Metodológicamente, adoptó un enfoque cuantitativo, no experimental, de corte transversal y alcance descriptivo-correlacional, aplicando un censo poblacional al 100% de la plantilla accesible, conformada por 116 profesionales activos de agencias bancarias y cooperativas de ahorro y crédito locales. La recolección de datos se realizó mediante dos cuestionarios validados en Google Forms que mostraron alta consistencia interna y validez: el de compromiso organizacional (17 ítems) alcanzó un Alfa de Cronbach de 0.920 y un KMO de 0.900, mientras que el de retención (9 ítems) obtuvo un Alfa de 0.902 y un KMO de 0.847. Los resultados descriptivos revelaron un escenario favorable donde predominó el nivel alto tanto en el compromiso organizacional (60.3%) como en la retención del talento (55.2%). Tras aplicar la prueba de Kolmogorov-Smirnov y determinar que los datos no siguen una distribución normal (p = 0.000), se empleó estadística no paramétrica mediante el coeficiente Rho de Spearman, arrojando un valor de Rho = 0.577 (p = 0.000) que evidencia una relación lineal positiva de intensidad moderada, concluyéndose que un mayor compromiso incrementa de manera directa y favorable la retención del personal en la identidad financiera local.

Palabras clave: Compromiso organizacional, retención del talento, sector financiero, modelo no paramétrico, fidelización

ABSTRACT: The main objective of this research was to determine the relationship between organizational commitment and human talent retention among employees in the financial sector of Pujilí Canton, Ecuador. Methodologically, the study adopted a

[1]Universidad Técnica de Cotopaxi, https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0008-9886-6510
[2]Universidad Estatal Península de Santa Elena, Universidad Nacional de Chimborazo, Universidad Técnica de Cotopaxi, https://orcid.org/0000-0003-4847-4371, 0960625642

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 17-26
DOI: https://doi.org/10.56519/q2e2q461
Agosto 2026

quantitative, non-experimental, cross-sectional, and descriptive-correlational design, applying a population census to 100% of the accessible staff, which comprised 116 active professionals from local bank branches and savings and credit cooperatives. Data collection was carried out through two validated questionnaires on Google Forms that demonstrated high internal consistency and validity: the organizational commitment instrument (17 items) achieved a Cronbach's Alpha of 0.920 and a KMO of 0.900, while the retention instrument (9 items) recorded a Cronbach's Alpha of 0.902 and a KMO of 0.847. Descriptive results revealed a favorable scenario where a high level predominated in both organizational commitment (60.3%) and human talent retention (55.2%). Following the Kolmogorov-Smirnov normality test, which determined that the data did not follow a normal distribution (p = 0.000), non-parametric statistics were used via Spearman's Rho correlation coefficient; this yielded a value of Rho = 0.577 (p = 0.000), demonstrating a moderate positive linear relationship and conclusively leading to the finding that a higher level of commitment directly and favorably increases staff retention within the local financial entity.

Keywords: Organizational commitment, talent retention, financial sector, non-parametric model, loyalty

INTRODUCCIÓN

En el entorno empresarial contemporáneo, la gestión del talento humano se ha situado en el centro de la estrategia corporativa global. El compromiso organizacional y la retención del talento emergen como constructos clave para la administración moderna, al determinar la productividad, la estabilidad del personal y la sostenibilidad institucional. Dentro del sector financiero, esta dinámica es crítica debido a que la velocidad de la transformación digital suele sobrepasar la adaptabilidad de la cultura interna, erosionando el vínculo psicológico entre los colaboradores y sus organizaciones. Por ello, comprender cómo se articulan el compromiso y la fidelización es indispensable para mitigar la fuga de capital intelectual hacia sectores competitivos.

A nivel internacional, la realidad de la banca durante el bienio 2024-2025 demuestra que la retención de perfiles estratégicos ya no depende de la compensación económica tradicional. En España, Banco central subraya que la estabilidad del sistema financiero actual depende de la cohesión cultural y la motivación interna. Sin embargo, la desconexión entre la gestión tradicional y las expectativas digitales ha debilitado el sentido de pertenencia (1) (2). Informes de Aon España sitúan la rotación voluntaria en perfiles estratégicos en un 18%, evidenciando que los incrementos salariales proyectados del 4% para 2025 son insuficientes si las organizaciones no priorizan entornos flexibles y el bienestar integral (3) (4). Así, gigantes como el Grupo Santander reconocen la necesidad de trascender la retribución económica para gestionar eficazmente a su personal. En el ámbito regional, el sector financiero peruano experimenta una paradoja similar en el periodo 2024-2025 (5) (6). Mientras las instituciones alcanzan niveles históricos de solvencia, el tejido

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 17-26
DOI: https://doi.org/10.56519/q2e2q461
Agosto 2026

humano muestra fragilidad debido a presiones externas como los riesgos de ciberseguridad. Según PwC Perú, el 54% de los empleados reporta una disminución en su identificación corporativa por la ausencia de conexión con los valores institucionales, lo que elevó la rotación voluntaria en perfiles jóvenes y tecnológicos al 16%, de acuerdo con el Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (7). Ante esto, referentes como el Banco de Crédito del Perú redefinen sus modelos hacia el liderazgo digital y la flexibilidad laboral (8) (6).

El sector financiero ecuatoriano en los años 2024-2025 refleja desafíos idénticos debido a transformaciones digitales y regulatorias. La Superintendencia de Economía Popular y Solidaria señala que las cooperativas de ahorro y crédito, pese a registrar un crecimiento del 12% en activos, reportan incrementos en la rotación de personal en áreas de atención al cliente y gestión tecnológica (9) (10). Paralelamente, el Banco Central del Ecuador advirtió que la rotación voluntaria de talento joven y digital alcanzó un 15%, imponiendo costos extraordinarios en reclutamiento. Esta problemática cobra vigencia en el sector financiero del Cantón Pujilí, donde estudios de la Universidad Técnica Particular de Loja (2) (11) evidencian que los profesionales priorizan la flexibilidad, el bienestar y el desarrollo profesional por encima de la remuneración económica tradicional.

Para abordar científicamente este problema, resulta indispensable analizar el compromiso organizacional desde el modelo multidimensional de Meyer y Allen, estructurado en tres componentes: afectivo, de continuidad y normativo (4). El compromiso afectivo refiere al apego emocional e identificación del colaborador con los valores de la empresa; Carrillo sostiene que reduce la intención de rotación voluntaria y eleva la disposición a realizar esfuerzos adicionales, mientras que Chamorro, Vélez y Cedeño destacan que un ambiente de apoyo mutuo y confianza favorece este vínculo emocional (10) (7). El compromiso de continuidad se genera cuando el empleado evalúa racionalmente los costos económicos y profesionales de abandonar la institución en función de los beneficios acumulados (antigüedad, experiencia); Torner explica que el individuo con alto compromiso de continuidad permanece por necesidad o falta de alternativas externas, y Sajami y Gonzales asocian este nexo a los beneficios acumulados del puesto (6) (7). A su vez, De Clerc, Belausteguigoitia y Ohanaseñalan que la continuidad reduce el desgaste psicológico al percibirse el empleo como un entorno seguro. Por último, el compromiso normativo se fundamenta en un sentido de obligación moral y reciprocidad; Gonzáles, Medina y Herrera (2024) afirman que se desenvuelve cuando los trabajadores consideran que deben guardar lealtad a la empresa como retribución por los incentivos y formación recibida.

Respecto a la variable retención del talento humano, Taruchaín y Revelo (2023) la definen como el conjunto articulado de estrategias corporativas para mantener a los colaboradores valiosos y calificados, reduciendo los costos asociados a la rotación. De la Cruz, Huaraca, Valdez, Li-Parra y Melgarejo manifiestan que gestionar la retención incrementa la ventaja competitiva y permite enfocar los esfuerzos en la innovación y el crecimiento sostenible, evitando gastos innecesarios en fases repetitivas de selección de personal (11) (9). Skerhskova detalla que para lograr la fidelización del talento se deben gestionar dimensiones críticas como la seguridad laboral y el desarrollo de competencias, factores

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 17-26
DOI: https://doi.org/10.56519/q2e2q461
Agosto 2026

que influyen de manera favorable en el rendimiento técnico y reducen drásticamente la tasa de renovación de personal, tal como lo señalan Matabanchoy y Díaz (12) (5)

Ante la necesidad apremiante de generar datos científicos situacionales para el contexto local, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la relación entre el compromiso organizacional y la retención del talento humano en los colaboradores del sector financiero del Cantón Pujilí? Para responder a esta interrogante, se establece como objetivo general determinar la relación existente entre el compromiso organizacional y la retención del talento humano en los colaboradores del sector financiero del Cantón Pujilí. En concordancia con lo expuesto, se plantea como hipótesis alternativa del estudio (HI) que existe una relación directa y estadísticamente significativa entre el compromiso organizacional y la retención del talento humano en los colaboradores del sector financiero de la localidad, contrastándose directamente frente a la hipótesis nula (Ho) que niega la existencia de dicho vínculo de asociación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación adoptó un enfoque cuantitativo con diseño no experimental, transversal y alcance descriptivo correlacional. La población objeto de estudio estuvo constituida de manera directa por los profesionales y trabajadores que ejercen sus funciones en el sector financiero del cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi, Ecuador. Debido a que se trataba de un grupo humano plenamente finito, delimitado y completamente accesible para la aplicación de los instrumentos por parte del equipo de trabajo, se procedió a aplicar un censo poblacional. Por lo tanto, la muestra final analizada coincidió exactamente con el cien por ciento de los integrantes de las entidades locales, incluyendo de este modo a un total de 116 colaboradores activos pertenecientes a las diferentes agencias bancarias y cooperativas de ahorro y crédito que operan en la mencionada zona geográfica.

Para el proceso de levantamiento de la información de campo, se aplicaron dos instrumentos validados de recolección de datos, cuyos orígenes metodológicos, estructura operacional y referencias se detallan de forma sintetizada en la Tabla 1. Ambos cuestionarios fueron distribuidos en formato digital mediante la plataforma en línea Google Forms para garantizar el acceso seguro de los participantes.

El primer instrumento consistió en la escala para evaluar el Compromiso Organizacional, adaptada formalmente del modelo tridimensional de Meyer y Allen Está estructurado por un total de 17 ítems distribuidos en tres dimensiones analíticas: compromiso afectivo (6 ítems; Alfa de Cronbach = 0.885), compromiso de continuidad (6 ítems; Alfa de Cronbach = 0.841) y compromiso normativo (5 ítems; Alfa de Cronbach = 0.863). En su evaluación global,el cuestionario demostró una excelente consistencia interna con un Alfa de Cronbach de 0.920 (13) (10).

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 17-26
DOI: https://doi.org/10.56519/q2e2q461
Agosto 2026

Para respaldar la validez de constructo en la muestra estudiada, se ejecutó un Análisis Factorial Exploratorio (AFE) mediante el método de componentes principales y rotación Varimax. La adecuación muestral se confirmó mediante un índice KMO de 0.900 y una prueba de esfericidad de Bartlett estadísticamente significativa ($\chi2 = 1245.32$; $p = 0.000$). El análisis factorial identificó tres autovalores superiores a la unidad (6.42, 2.15 y 1.38), los cuales explicaron en su conjunto el 58.5% de la varianza total acumulada de la variable.

El segundo instrumento correspondió al cuestionario adaptado de Skerhakova et al. (2022) para evaluar la Retención del Talento Humano. Esta escala consta de 9 ítems distribuidos en cuatro dimensiones operativas: reconocimiento laboral (2 ítems; Alfa de Cronbach = 0.812), soporte institucional (3 ítems; Alfa de Cronbach = 0.835), confianza mutua (2 ítems; Alfa de Cronbach = 0.798) y estímulo personal (2 ítems; Alfa de Cronbach = 0.820). La escala presentó una sólida fiabilidad global con un Alfa de Cronbach de 0.902. La validez de constructo fue fundamentada mediante Análisis Factorial Exploratorio, obteniendo un indicador KMO de 0.847 y una prueba de esfericidad de Bartlett significativa ($\chi2 = 780.45$; $p = 0.000$), con cuatro autovalores superiores a 1.0 (3.85, 1.42, 1.10 y 1.01) que representan el 62.1% de la varianza explicada.

Tabla 1. Matriz de Operacionalización de Variables e Instrumentos de Medición.

Variable	Dimensiones	Ítems (Reactivos)	Fuente / Autor de origen
Compromiso Organizacional	Compromiso Afectivo	1, 2, 3, 4, 5, 6	Meyer & Allen (1991)
	Compromiso de Continuidad	7, 8, 9, 10, 11, 12	Meyer & Allen (1991)
	Compromiso Normativo	13, 14, 15, 16, 17	Meyer & Allen (1991)
Retención del Talento Humano	Reconocimiento Laboral	1, 2	Skerhakova et al. (2022)
	Soporte Institucional	3, 4, 5	Skerhakova et al. (2022)
	Confianza Mutua	6, 7	Skerhakova et al. (2022)
	Estímulo Personal	8, 9	Skerhakova et al. (2022)

La prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, aplicada de manera previa al análisisinferencial, indicó formalmente que los datos recopilados no siguen una distribución normal o paramétrica al registrar un valor de significancia de $p = 0.000$, el cual se ubica notablemente por debajo del límite crítico de 0.05. Por este motivo, se determinó la necesidad metodológica y estadística de utilizar la prueba no paramétrica de correlación de Spearman para llevar a cabo el correspondiente contraste de las hipótesis planteadas en la investigación. El procesamiento estadístico de toda la información se realizó de forma automatizada mediante el uso del paquete de software especializado IBM SPSS Statistics. En una primera etapa, se aplicó la estadística descriptiva para clasificar, ordenar y presentar el comportamiento de las variables mediante tablas de frecuencias y gráficos de

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 17-26
DOI: https://doi.org/10.56519/q2e2q461
Agosto 2026

porcentajes. En una segunda etapa, se ejecutó el cálculo de la correlación de Spearman para determinar la existencia, dirección e intensidad de la relación entre el compromiso organizacional y la retención del talento humano de la plantilla.

Finalmente, se estructuraron baremos estadísticos específicos que sirvieron para clasificar los niveles de ambos constructos en tres categorías ordenadas de análisis: (bajo, medio y alto).

RESULTADOS

Los resultados de la tabla 2 corresponden a la evaluación descriptiva de la variable Compromiso Organizacional en las entidades financieras del Cantón Pujilí. Al analizar el comportamiento global de este constructo en los 116 colaboradores, se observó un claro predominio del nivel alto, el cual alcanzó el 60.3% de la participación total, equivalente a 70 personas de la plantilla estudiada. A este porcentaje le sigue el nivel medio con un 34.5%, representado por 40 trabajadores, mientras que el nivel bajo registró la menor representatividad con apenas el 5.2%, que equivale a solo 6 profesionales. Desde una perspectiva institucional, la concentración de más del 90% de los empleados entre los rangos medio y alto demuestra que el apego emocional hacia las organizaciones, la percepción de los beneficios de permanencia y el sentido de lealtad moral operan de manera muy favorable en el sector.

Tabla 2. Resultados de la Variable 1.

Compromiso Organizacional					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Niveles	Nivel Bajo	6	5,2	5,2	5,2
	Nivel Medio	40	34,5	34,5	39,7
	Nivel Alto	70	60,3	60,3	100,0
	Total	116	100,0	100,0	

Nota. Resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario de compromiso organizacional procesados en SPSS.

Por otra parte, los datos de la tercera tabla detallan los resultados globales obtenidos para la variable Retención del Talento Humano en el mismo grupo de estudio. En este indicador se evidencia una tendencia igualmente positiva y consolidada, destacando la prevalencia del nivel alto con un 55.2% de los casos, lo que representa a 64 colaboradores del censo. Asimismo, el nivel medio obtuvo una participación del 37.9%, equivalente a 44 personas de la plantilla, mientras que el nivel bajo se ubicó en un margen mínimo del 6.9%, correspondiente a apenas 8 individuos. Estos hallazgos numéricos demuestran la solidez de

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 17-26
DOI: https://doi.org/10.56519/q2e2q461
Agosto 2026

las estrategias actuales de fidelización del capital humano en la zona, denotando que factores como el soporte institucional, el reconocimiento de los líderes y los estímulos de estabilidad son percibidos de forma excelente por la gran mayoría de la fuerza laboral.

Tabla 3. Resultado de la Variable 2.

Retención de Talento					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Niveles	Nivel Bajo	8	6,9	6,9	6,9
	Nivel Medio	44	37,9	37,9	44,8
	Nivel Alto	64	55,2	55,2	100,0
	Total	116	100,0	100,0	

Nota. Resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario de retención del talento humano procesados en SPSS.

La prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov indicó que los datos de ambas variables no siguen una distribución normal (p menor 0.05), lo que justificó el uso de pruebas no paramétricas para el análisis correlacional.

Tabla 4. Cálculo prueba de normalidad.

Pruebas de normalidad			
Kolmogórov-Smirnov			
	Estadístico	gl	Sig.
Compromiso Organizacional	0,378	116	0,000
Retencion de Talento	0,348	116	0,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Prueba de Kolmogórov-Smirnov con corrección de significación de Lilliefors

Para efectuar el contraste de hipótesis y determinar la relación existente entre las variables analizadas, se aplicó el coeficiente de correlación Rho de Spearman, técnica seleccionada tras comprobarse la ausencia de normalidad en la distribución de los datos. Los resultados de esta prueba estadística reflejaron un coeficiente de correlación de Rho = 0.577 entre el Compromiso Organizacional y la Retención del Talento Humano en las instituciones financieras del cantón, valor que representa la existencia de una relación lineal positiva de intensidad moderada, indicando una proporcionalidad directa entre ambos elementos. Asimismo, el análisis arrojó un valor de significancia bilateral de p = 0.000, cifra que se posiciona notablemente por debajo del nivel de significación crítico de 0.05 y del nivel de

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 17-26
DOI: https://doi.org/10.56519/q2e2q461
Agosto 2026

confianza de 0.01 corporativo; debido a que este indicador es estadísticamente significativo ($p < 0.01$), se cuenta con el sustento numérico suficiente para rechazar de manera contundente la hipótesis nula (H0) y aceptar formalmente la hipótesis de investigación (H1), confirmando de forma definitiva que un mayor nivel de compromiso dentro de la organización influye de manera directa y favorable en el incremento de la retención del talento humano de la plantilla.

Tabla 5. Cálculo de correlación.

Correlaciones				
			compromiso organizacional	**retención de talento**
Rho de Spearman	compromiso organizacional	Coeficiente de correlación	1,000	,577**
		Sig. (bilateral)		0,000
		N	116	116
	retención de talento	Coeficiente de correlación	,577**	1,000
		Sig. (bilateral)	0,000	
		N	116	116
. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).				

Nota. Correlación de Spearman

DISCUSIÓN

El objetivo principal de esta investigación fue determinar la relación entre el compromiso organizacional y la retención del talento humano en los colaboradores del sector financiero del Cantón Pujilí. Los hallazgos estadísticos demostraron una relación lineal positiva de intensidad moderada (Rho = 0.577; p = 0.000). Estos resultados se alinean con lo expuesto por De la Cruz, García & Ramírez y Chiavenato, quienes sostienen que una gestión adecuada del capital intelectual funciona como un indicador de inteligencia organizacional que eleva la ventaja competitiva y previene la pérdida innecesaria de recursos financieros en procesos de reclutamiento (14) (11).

Al analizar la primera variable, se identificó un claro predominio del nivel alto de compromiso organizacional (60.3%). Al profundizar en las particularidades socioeconómicas del Cantón Pujilí y la provincia de Cotopaxi, este hallazgo no debe interpretarse de forma aislada. Por un lado, una porción significativa de este compromiso responde a factores de arraigo cultural y territorial propios de la localidad, donde la cercanía familiar, la estabilidad social y la identificación con el impacto de las cooperativas de ahorro y crédito locales fortalecen el compromiso afectivo y normativo (15) (8) (7). Por otro lado, no se puede descartar la influencia del entorno laboral local, caracterizado por una oferta limitada de

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 17-26
DOI: https://doi.org/10.56519/q2e2q461
Agosto 2026

plazas de trabajo altamente competitivas en el sector formal. Esta escasez de alternativas laborales en la zona puede inclinar la percepción de los colaboradores hacia un compromiso de continuidad (16) donde la permanencia en la institución responde más a la necesidad de preservar la estabilidad económica y los beneficios acumulados que a un apego afectivo genuino.

Respecto a la variable retención del talento humano, la tendencia fue igualmente positiva, liderando el nivel alto con el 55.2%. Esto demuestra que factores como el soporte institucional, el reconocimiento de los líderes y los estímulos de permanencia (17) (16), capital intelectual hacia mercados más grandes como Latacunga o Quito.

Sin embargo, la presencia de un porcentaje importante de la fuerza laboral en rangos intermedios (34.5% en compromiso y 37.9% en retención) constituye un hallazgo crítico. Como advierten Sajami & Gonzales, cuando los trabajadores se ubican en niveles intermedios en contextos geográficos delimitados, existe el riesgo latente de que migren apenas surja una oportunidad laboral externa más atractiva (18). Ante este escenario, las instituciones financieras de Pujilí enfrentan el desafío estratégico de fortalecer programas de desarrollo profesional, salario emocional y bienestar integral para convertir el compromiso de continuidad en un verdadero compromiso afectivo y sostenible en el tiempo.

CONCLUSIONES

La presente investigación determinó una relación lineal positiva de intensidad moderada entre el compromiso organizacional y la retención del talento humano en el sector financiero de Pujilí, Ecuador. Los resultados (Rho = 0.577; p = 0.000) validan la hipótesis de investigación, demostrando que, al fortalecer el compromiso del colaborador, aumenta directamente la capacidad de la organización para fidelizar su capital intelectual.

Desde el diagnóstico descriptivo, el 60.3% de la muestra presenta un alto compromiso organizacional y el 55.2% un alto nivel de retención. Esta consolidación posiciona a las entidades locales en una situación de estabilidad superior frente a las tendencias de rotación observadas en otros contextos nacionales.

Sin embargo, la presencia de un segmento relevante en niveles medios de compromiso (34.5%) y retención (37.9%) constituye un punto crítico de atención. Para garantizar la sostenibilidad a largo plazo, las organizaciones deben trascender estrategias tradicionales, profundizando en programas de bienestar integral, liderazgo transformacional y flexibilidad laboral. Finalmente, es necesario realizar mayores estudios que involucren investigaciones en otros sectores financieros con otras categorías, para ampliar la visión sobre la gestión del talento en el sector financiero. Así como también se recomienda realizar estudios longitudinales para determinar si en el tiempo estas variables cambian.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 17-26

DOI:
https://doi.org/10.56519/q2e2q461
Agosto 2026

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ecuador, Banco Central del. eporte analítico de la evolución del mercado laboral e índices de rotación sectorial en el sistema financiero. Quito. 2025.
2. Hernández-Sampieri. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. s.l. : McGraw-Hill Education, 2018.
3. España, Aon. Informe global de tendencias en el talento humano y riesgos de capital intelectual. 2024.
4. Meyer JP, Allen NJ. conceptualization of organizational commitment. s.l. : Human Resource Management Review, 1991.
5. Sajami, Amasifuen. Calidad de vida laboral y compromiso organizacional en una institución pública peruana. 2022.
6. Sánchez G, Pérez J. Clima laboral, compromiso y retención: Un estudio correlacional en entornos financieros de libre mercado. s.l. : Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones., 2022.
7. B, Avolio. Evaluación del impacto del liderazgo transformacional en el compromiso de la plantilla. 2019.
8. A, Barraza. Compromiso organizacional y rotación laboral en el sector servicios: Un análisis estructural. 2021.
9. MA, Alles. Dirección estratégica de recursos humanos. s.l. : Gestión por competencias. 4.ª ed., 2020.
10. De la Cruz S, Alomoto M, Cruz. l capital intelectual como indicador de inteligencia organizacional y ventaja competitiva en el sector financiero de Cotopaxi. s.l. : Revista Científica de Gestión y Desarrollo Empresarial. , 2023.
11. V, Skerhakova. analysis of the antecedents of talented employees' intention to stay in the organizations. s.l. : European Journal of Interdisciplinary Studies, 2022.
12. TR, Vargas. Estrategias de salario emocional y su efectividad en la retención del talento humano en cooperativas de ahorro y crédito del segmento. s.l. : evista de Gestión Pública y Empresarial Latam, 2024.
13. S, Robbins. Comportamiento organizacional. s.l. : Ciudad de México: Pearson Educación, 2019.
14. Martínez LF, Villamizar. Modelos no paramétricos aplicados al comportamiento organizacional: El uso de Rho de Spearman en la medición de la lealtad laboral. s.l. : Revista Ecuatoriana de Estadística, 2023.
15. García M, Ramírez P. Factores determinantes de la retención del talento humano en la banca cooperativa latinoamericana. s.l. : Revista de Ciencias Sociales, 2023.
16. KS, Cameron. Quinn RE. Diagnóstico y cambio de la cultura organizacional: Basado en el modelo de valores competitivos. Boston : s.n., 2020.
17. I, Chiavenato. Gestión del talento humano: El nuevo papel de los recursos humanos en las organizaciones. s.l. : 5.ª ed. Ciudad de México:, 2021.
18. Solidaria, Superintendencia de Economía Popular y. Informe de estabilidad e inclusión financiera de las cooperativas de ahorro y crédito en el Ecuador. Quito. 2024.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 27-49

DOI:
https://doi.org/10.56519/9w62p446
Agosto 2026

LA CULTURA TRIBUTARIA EN PEQUEÑOS NEGOCIOS E INFORMALIZACIÓN DE COMERCIANTES AMBULANTES EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA

TAX CULTURE IN SMALL BUSINESSES AND INFORMALIZATION OF STREET VENDORS IN THE CITY OF RIOBAMBA

Danny Montesdeoca[1], Yesenia Vallejo[2], Mauro Gavilánez[3], Ruth Chango[4], Estalin Fuentes[5], Nancy Marcatoma[6], Luz Pilamunga[7], Rosanna Zambrano[8]

{many111987@gmail.com[1], yeseniavallejo301@gmail.com[2], sangabrielriobamba@hotmail.com[3],ruthbchango@gmail.com[4], esanfusa@gmail.com[5], victoriamarcatoma1@gmail.com[6], luzzpilamunga@gmail.com[7], roxiamarilis1986@gmail.com[8]}

Fecha de recepción: 22/07/2026 / Fecha de aceptación: 19/08/2026 / Fecha de publicación: 25/08/2026

RESUMEN: El grado de influencia de la cultura tributaria sobre la informalidad del comercio en Riobamba es el punto de partida de esta investigación, centrada en pequeños negocios y vendedores ambulantes de la ciudad. Para ello, se estudió a 194 comerciantes, con el objetivo de conocer su nivel de comprensión de los deberes formales, el comportamiento ante la administración tributaria, las razones de su informalidad y las pautas de cumplimiento de fiscal. Los resultados son de especial interés al constatar que ocho de cada diez comerciantes operan bajo la informalidad. El 76,3 % desconoce sus obligaciones ante el Servicio de Rentas Internas, y el 80,4 % carece de capacitación en la materia. El 83,5 % desconoce las ventajas de registrarse ante el SRI. La falta de trabajo formal (88,1 %) y la falta de recursos económicos (81,4 %) corresponden a los principales motivos de no formalizarse. Un dato que llama la atención es que el 71,6 % no está

[1]Tecnología Superior Universitaria en Contabilidad, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel – Ecuador, https://orcid.org/0009-0001-2896-6515; +593999921832.
[2]Tecnología Superior Universitaria en Contabilidad, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel – Ecuador, https://orcid.org/0009-0007-9797-0706; +593994622539.
[3]Rectorado, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel – Ecuador, https://orcid.org/0000-0003-0571-4259; +593988576887.
[4]Tecnología Superior Universitaria en Contabilidad, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel – Ecuador, https://orcid.org/0009-0002-2710-3643; +593994433895.
[5]Tecnología Superior Universitaria en Contabilidad, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel – Ecuador, https://orcid.org/0009-0005-9485-3948; +593992606326.
[6]Tecnología Superior Universitaria en Contabilidad, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel – Ecuador, https://orcid.org/0009-0009-1412-7604; +593993308910.
[7]Tecnología Superior Universitaria en Contabilidad, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel – Ecuador, https://orcid.org/0009-0008-5324-2149; +593999189726.
[8]Tecnología Superior Universitaria en Contabilidad, Instituto Superior Tecnológico San Gabriel – Ecuador, https://orcid.org/0009-0000-7108-043X; +593997124007.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 27-49
DOI: https://doi.org/10.56519/9w62p446
Agosto 2026

dispuesto a formalizar su actividad económica. El análisis estadístico establece una relación inversa entre cultura tributaria e informalidad (r = -0,68; p < 0,01). Lo cual demuestra que cuando la cultura tributaria es baja, la informalidad es alta. Por ende, mejorar el conocimiento tributario es una buena alternativa para disminuir la informalidad, así como simplificar los trámites y ofertar más educación tributaria. Los hallazgos de este estudio brindan evidencia que pueda servir al diseño de políticas públicas más efectivas.

Palabras clave: Informalidad, cultura tributaria, políticas fiscales, comerciantes ambulantes, educación tributaria

ABSTRACT: The extent to which tax culture influences commercial informality in Riobamba serves as the starting point for this research, which focuses on the city's small businesses and street vendors. To this end, 194 merchants were studied to assess their understanding of formal obligations, their behavior regarding the tax administration, the reasons for their informality, and their tax compliance patterns. The results are particularly noteworthy, revealing that eight out of ten merchants operate informally. Specifically, 76.3% are unaware of their obligations to the Internal Revenue Service (SRI), and 80.4% lack training in this area. Furthermore, 83.5% are unaware of the benefits of registering with the SRI. A lack of formal employment opportunities (88.1%) and a lack of financial resources (81.4%) are the primary reasons cited for not formalizing operations. A striking finding is that 71.6% of the merchants are unwilling to formalize their economic activities. Statistical analysis establishes an inverse relationship between tax culture and informality (r = -0.68; p < 0.01), demonstrating that low tax culture correlates with high informality. Consequently, improving tax knowledge alongside simplifying administrative procedures and providing more tax education offers a viable strategy for reducing informality. The study's findings provide evidence that can inform the design of more effective public policies.

Keywords: Informality, tax culture, fiscal policies, street vendors, tax education

INTRODUCCIÓN

La cultura tributaria se entiende como el conjunto de creencias, actitudes y valores que presentan los sujetos pasivos respecto al pago de impuestos (1). A diferencia de la evasión fiscal que son las prácticas ilícitas para evitar el pago de impuestos generados (1). El cumplimiento fiscal se analiza desde dos puntos: la disuasión o temor a la sanción y la moral fiscal que es el deber cívico y la confianza en el estado, esta última explica mejor el comportamiento de los comerciantes en contextos de alta informalidad (2) (3). En América latina la problemática persiste debido al desconocimiento, falta de información y resistencia al cambio por parte de los comerciantes informales (4). En países como Brasil, México, Argentina y Colombia se implementaron regímenes tributarios simplificados con el fin de promover la formalización de pequeños comerciantes. En Ecuador, se impulsó este objetivo

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 27-49
DOI: https://doi.org/10.56519/9w62p446
Agosto 2026

con el RISE en el año 2008 y luego paso a denominarse RIMPE desde el año 2022 (5). En el país, la débil cultura tributaria influye directamente en el aumento de la evasión fiscal, afectando principalmente a las micro y pequeñas empresas, donde la informalidad y la complejidad del sistema tributario dificultan el crecimiento (6).

En la ciudad de Riobamba, los pequeños negocios representados por los puestos de venta dentro de los mercados locales, así como los comerciantes ambulantes, constituyen una gran parte del pulmón económico de la cuidad. Según cifras oficiales, en 2022 había 4288 comerciantes formales y aproximadamente 2500 comerciantes informales (7). A pesar de que un número representativo de estos actores desarrolla sus actividades fuera del marco legal. Investigaciones precedentes indican que, en el mercado La Condamine de Riobamba, el 86,75 % de los comerciantes desconoce sus obligaciones formales; el 76,62 % es consciente de que debe facturar, aunque desconoce el procedimiento; y el 96 % manifiesta su disposición a recibir formación al respecto (8).

En el año 2022, el Servicio de Rentas internas (SRI) puso en marcha el Régimen Simplificado para Negocios Populares y emprendedores (RIMPE), dando así paso a un nuevo esquema tributario (9). El RIMPE contempla dos categorías según el nivel de ingresos: los Negocios Populares, para quienes facturan hasta USD 20.000 anuales, y Emprendedores, para aquellos con ingresos hasta USD 300.000 (10). A pesar de estos esfuerzos, persisten desafíos para incorporar a los comerciantes informales al sistema impositivo. A nivel nacional, la informalidad laboral representa una problemática social que ha crecido en los últimos años. Para el año 2023, la informalidad en el Ecuador abarcaba dos tercios de la población económicamente activa del país, y ni el sector estatal ni el privado proporcionan trabajo a la mayoría de quienes, por cuenta propia, buscan generar ingresos para sobrevivir (11). Según resultados obtenidos por la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU), correspondiente al año 2023, los vendedores ambulantes tienen ingresos menores, pero trabajan más horas que los vendedores en pequeños locales, y se encuentran discrepancias significativas en cuanto a género, nivel educativo y tamaño de la ciudad (12). En este contexto, la baja cultura tributaria entre los comerciantes que operan en puestos de mercado y en la vía pública contribuye directamente a la permanencia de la informalidad.

La pertinencia de este estudio radica en la necesidad de analizar el vínculo entre la cultura tributaria de los pequeños negocios y la informalización de los comerciantes ambulantes en Riobamba. En el marco del desarrollo, la informalidad ocasiona efectos contrastantes. El 50% de los encuestados considera que el comercio informal dinamiza la economía; el 39% opina que facilita el acceso de la población a los productos (13).

A pesar de ello, también genera condiciones de competencia inequitativas que afectan a los vendedores formales (7). Son escasos los estudios que aborden específicamente la relación entre cultura tributaria e informalidad en el sector del comercio ambulatorio en esta ciudad, lo que evidencia un vacío de conocimiento que la presente investigación pretende cubrir.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 27-49
DOI: https://doi.org/10.56519/9w62p446
Agosto 2026

El objetivo general es analizar la relación entre la cultura tributaria y la informalización de comerciantes en mercados y vendedores ambulantes de la ciudad de Riobamba. Con ese fin, se trazaron tres propósitos específicos:

1. Evaluar el nivel de conocimiento y cumplimiento tributario entre los pequeños negocios de los mercados de Riobamba;
2. Identificar los componentes de orden administrativo, económico y social que provocan la informalización de los comerciantes ambulantes
3. Determinar la relación entre la cultura tributaria y la informalización de los vendedores ambulantes en la ciudad.

La hipótesis plantea que los menores niveles de cultura tributaria se asocian con mayores índices de informalización comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio presenta un planteamiento descriptivo, cuantitativo, y correlacional. La estructura fue no experimental con corte transversal, lo que permitió medir las variables en un solo momento. Facilitando la determinación del grado de relación entre cultura tributaria e informalización comercial.

La población del estudio estuvo conformada por los comerciantes con puestos de mercados locales y por comerciantes ambulantes de Riobamba. Al no contar con el número exacto de comerciantes ambulantes, se aplicó un muestreo para poblaciones infinitas. El cálculo de la muestra partió de un nivel de confianza del 94,88 % (Z = 1,95). Se trabajó con un margen de error del 7%. Con una proporción esperada del 50 % (p = q = 0,5), se obtuvo una muestra de 194 comerciantes.

El margen del 7 % obedeció a tres razones: las limitaciones de orden presupuestario, temporalidad del trabajo de campo y la complejidad para acceder a los comerciantes ambulantes. Dada su condición informal, resulta difícil ampliar la muestra con estos vendedores. En estudios inferenciales se suele emplear el 5 %. Sin embargo, el 7 % se considera aceptable en investigaciones descriptivas o exploratorias con limitaciones operativas.

Al interpretar los resultados, debe tenerse en cuenta que las estimaciones poblacionales conllevan una precisión limitada. Frente a la capacidad de generalización al conjunto de vendedores ambulantes de la ciudad de Riobamba, esta resulta más limitada que si se hubiera trabajado con el 5 %. Aun así, los datos recolectados permiten caracterizar tendencias observables. También sirven de base para futuras investigaciones con muestras más amplias.

Definida la muestra de referencia, la selección de participantes se realizó por conveniencia. Esta decisión obedeció a la falta de un marco muestral actualizado y a las dificultades de

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 27-49
DOI: https://doi.org/10.56519/9w62p446
Agosto 2026

acceso. El trabajo de campo abarcó diversas zonas comerciales de la ciudad. Se buscó incluir la mayor variedad de giros económicos y de niveles de experiencia entre los encuestados.

Como técnica de recolección se empleó la encuesta estructurada. Para su aplicación se manejó un cuestionario diseñado para el estudio. El instrumento se organizó en tres bloques. En el primero se recogieron datos sociodemográficos: sexo, edad, nivel de instrucción, tiempo en la actividad y situación actual. El segundo bloque indagó sobre la cultura tributaria, con diez preguntas dicotómicas (sí/no) acerca de obligaciones fiscales, ventajas de la formalización, emisión de comprobantes, capacitación, cumplimiento y percepción ciudadana. El tercer bloque orientado hacia la informalización, contó con diez preguntas orientadas a las barreras de tipo económico y administrativo, dificultades para la regularización y la voluntad de hacerlo.

La validez de contenido del cuestionario se evaluó mediante juicio de tres expertos. Los especialistas poseían experiencia en contabilidad, tributación e investigación, sometiendo a revisión la pertinencia, claridad, coherencia y redacción de los ítems. Las observaciones de los especialistas se incluyeron en la versión final.

La prueba piloto, aplicada para verificar la comprensión de las preguntas y hacer los ajustes oportunos, fue seguida del cálculo de confiabilidad con el KR-20, que alcanzó 0,965, señal de una consistencia interna elevada.

El instrumento se aplicó presencialmente a los 194 comerciantes. Las encuestas se aplicaron en mercados y en puntos de alta concentración de venta ambulante en Riobamba. Se contó con el consentimiento informado de cada uno de los participantes. Se aseguró la confidencialidad de la información. Se garantizó el uso académico exclusivo de los datos.

Para el tratamiento de los datos se empleó la estadística descriptiva. Los hallazgos se presentan en tablas con frecuencias absolutas y porcentajes.

RESULTADOS

Del procesamiento de las encuestas aplicadas a comerciantes de mercados locales y vendedores ambulantes de Riobamba. Se obtuvieron los siguientes resultados. La información se organiza en tres apartados:

1. Caracterización sociodemográfica de la muestra.
2. Nivel de cultura tributaria
3. Factores asociados a la informalización.

Los hallazgos se presentan en tablas de frecuencias y se complementan con gráficos.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 27-49
DOI: https://doi.org/10.56519/9w62p446
Agosto 2026

1. Caracterización sociodemográfica de la muestra

Tabla 1. Características sociodemográficas de los comerciantes encuestados.

	Categoría	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Sexo	Masculino	82	42,3%
	Femenino	112	57,7%
Edad	18 a 25 años	18	9,3%
	26 a 35 años	39	20,1%
	36 a 45 años	57	29,4%
	46 a 55 años	52	26,8%
	Más de 55 años	28	14,4%
Nivel de instrucción	Primaria	58	29,9%
	Secundaria	76	39,2%
	Técnico/Tecnológico	31	16,0%
	Universitario	24	12,4%
	Posgrado	5	2,5%
Tiempo en actividad comercial	Menos de 1 año	15	7,7%
	De 1 a 2 años	61	31,4%
	De 2 a 5 años	68	35,1%
	Más de 5 años	50	25,8%
Situación actual de su actividad comercial	Formal (posee RUC)	42	21,6%
	Informal (No posee RUC)	152	78,4%

La Figura 1 evidencia la distribución de los encuestados según el sexo. El 57,7 % son mujeres y el 42,3 % son hombres, lo que indica un predominio femenino.

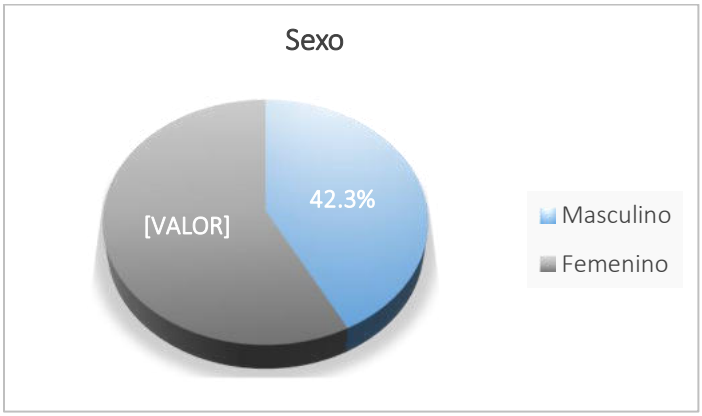


Figura 1. Sexo.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 27-49

DOI:
https://doi.org/10.56519/9w62p446
Agosto 2026

El grupo de 36 a 45 años es el más numeroso (29,4 %), seguido del de 46 a 55 años (26,8 %). Les siguen los de 26 a 35 años (20,1 %) y los mayores de 55 años (14,4 %). Los más jóvenes (18-25 años) apenas representan el 9,3 % (Figura 2).

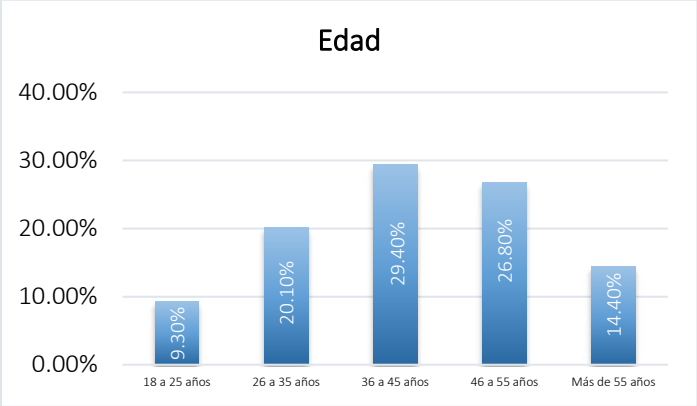


Figura 2. Edad.

En cuanto a la experiencia, el grupo mayoritario (35,1 %) lleva entre 2 y 5 años, seguido del que tiene 1 a 2 años (31,4 %). Los de más de 5 años son el 25,8 %, y los de menos de 1 año, el 7,7 % (Figura 3).

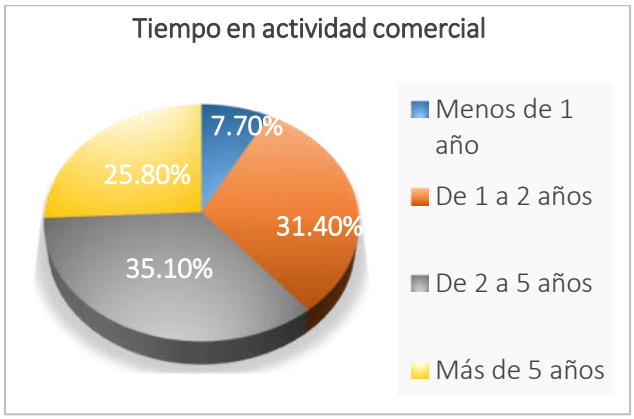


Figura 3. Tiempo de actividad.

La distribución por nivel de instrucción muestra que el 39,2 % tiene secundaria, el 29,9 % primaria, el 16,0 % formación técnica o tecnológica, el 12,4 % estudios universitarios y el 2,5 % posgrado (Figura 4).

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 27-49

DOI:
https://doi.org/10.56519/9w62p446
Agosto 2026

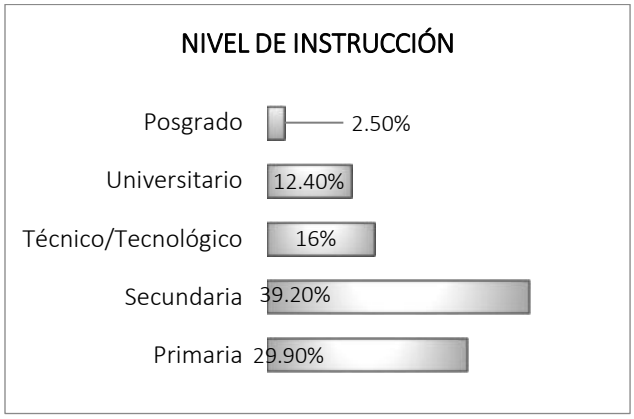


Figura 4. Nivel de instrucción.

Solo el 21,6 % de los comerciantes cuenta con Registro Único de Contribuyentes (RUC), mientras que el 78,4 % carece de esta inscripción (Figura 5).

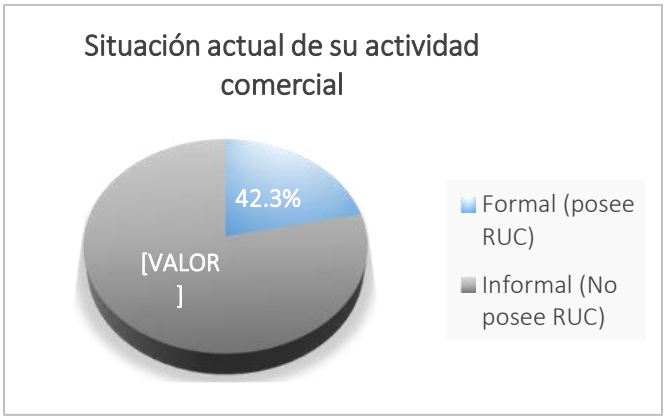


Figura 5. Situación actual RUC.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 27-49
DOI: https://doi.org/10.56519/9w62p446
Agosto 2026

2. Nivel de cultura tributaria

Tabla 2. Nivel de cultura tributaria.

Pregunta	Sí		No	
	Frecuencia(n)	Porcentaje (%)	Frecuencia(n)	Porcentaje (%)
¿Conoce cuáles son las obligaciones tributarias que debe cumplir como comerciante?	46	23,7%	148	76.3%
¿Conoce los beneficios de estar registrado ante el Servicio de Rentas Internas (SRI)?	32	16,5%	162	83,5%
¿Conoce cuándo debe emitir comprobantes de venta?	54	27,8%	140	72,2%
¿Conoce los requisitos necesarios para formalizar una actividad comercial?	39	20,1%	155	79,9%
¿Ha recibido capacitación sobre temas tributarios?	38	19,6%	156	80,4%
¿Ha recibido información del SRI sobre sus obligaciones tributarias?	41	21,1%	153	78,9%
¿Cumple oportunamente con sus obligaciones tributarias?	52	26,8%	142	73,2%
¿Solicita y entrega comprobantes de venta en sus transacciones comerciales?	61	31,4%	133	68,6%
¿Mantiene registros de ingresos y gastos de su actividad económica?	58	29,9%	136	70,1%
¿Considera que pagar impuestos es una responsabilidad ciudadana?	79	40,7%	115	59,3%

El reconocimiento de las obligaciones es bajo: el 76,3 % de los encuestados no los conoce, frente a un 23,7 % que afirma estar al tanto (Figura 6).

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 27-49
DOI: https://doi.org/10.56519/9w62p446
Agosto 2026

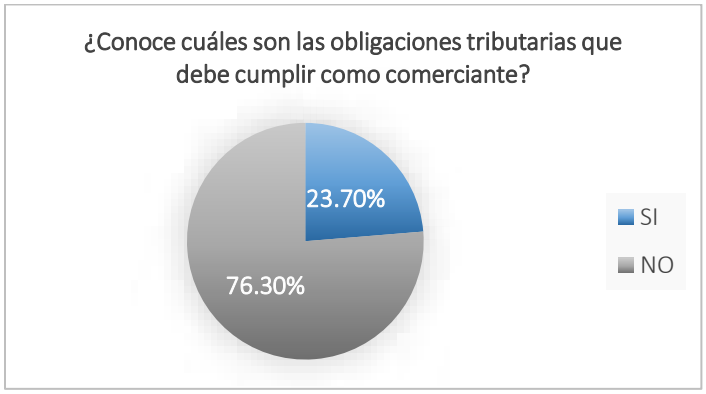


Figura 6. Conocimiento de las obligaciones.

El 83,5 % de los comerciantes desconoce los beneficios de estar catastrado ante el SRI, y solo el 16,5 % los reconoce (Figura 7).

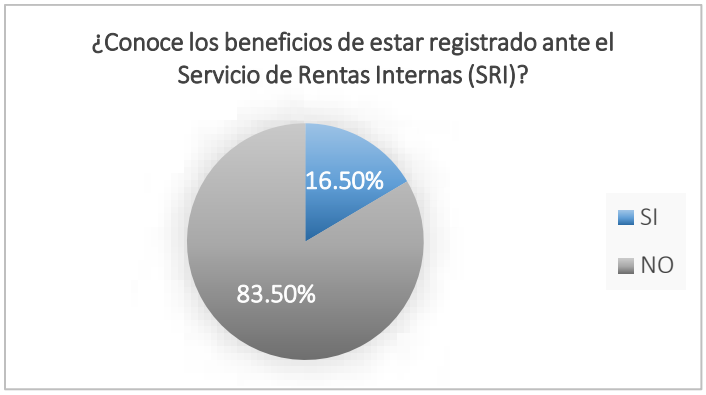


Figura 7. Beneficios del SRI.

Respecto a la emisión de comprobantes de venta, los resultados muestran que el 72,2 % de los encuestados desconoce en qué momento se debe emitir comprobantes de venta, mientras que el 27,8 % afirma conocer este requisito fiscal (Figura 8).

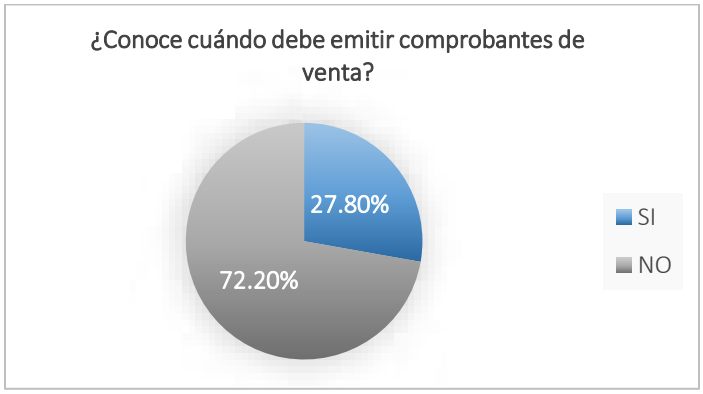


Figura 8. Emisión de comprobantes.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 27-49

DOI:
https://doi.org/10.56519/9w62p446
Agosto 2026

Al consultar a los participantes respecto a los requisitos para la formalización, se encuentra que el 79,9 % desconoce, y tan solo el 20,1 % afirma estar informado al respecto (Figura 9).



Figura 9. Requisitos de formalización.

El desconocimiento en materia de capacitaciones tributarias alcanza al 80,4 % de la población en estudio, en tanto que el 19,6 % restante dice haber recibido formación en esta área (Figura 10).

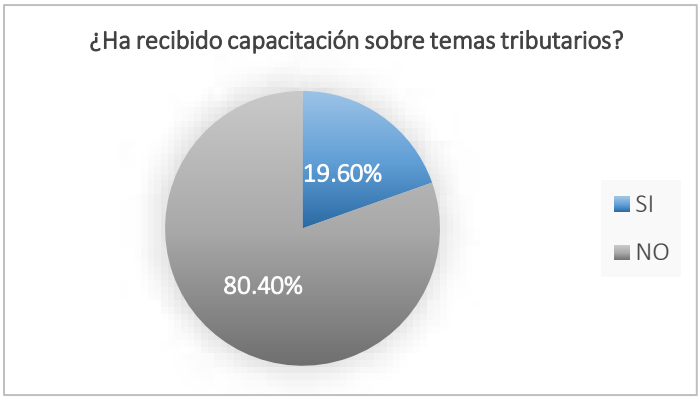


Figura 10. Capacitación tributaria.

Sobre la orientación recibida del Servicio de Rentas Internas (SRI), el 78,9 % de la población estudiada declara no haber accedido a la misma, y el 21,1 % restante dice haber contado con información de esta entidad (Figura 11).

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 27-49
DOI: https://doi.org/10.56519/9w62p446
Agosto 2026

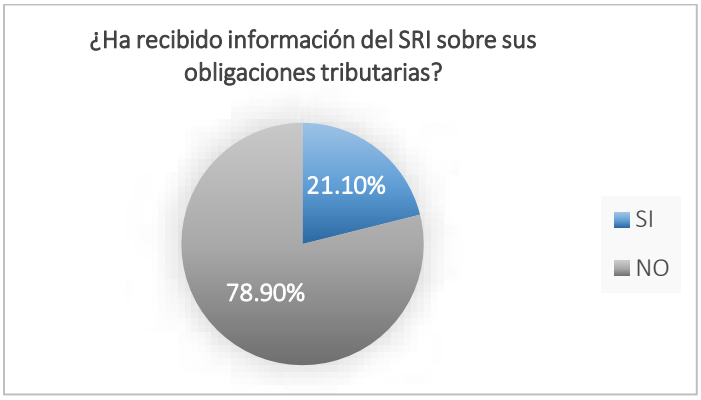


Figura 11. Información del SRI.

El cumplimiento de las obligaciones tributarias en los plazos establecidos se da solo en el 26,8 % de los comerciantes, mientras que el 73,2 % restante no lo hace oportunamente, según la Figura 12.

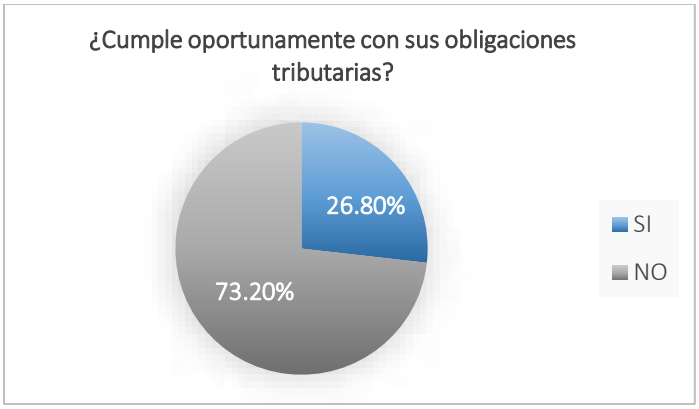


Figura 12. Cumplimiento oportuno.

La práctica de emitir y solicitar comprobantes de venta es realizada por el 31,4 % de los participantes, mientras que el 68,6 % restante no la efectúa (Figura 13).

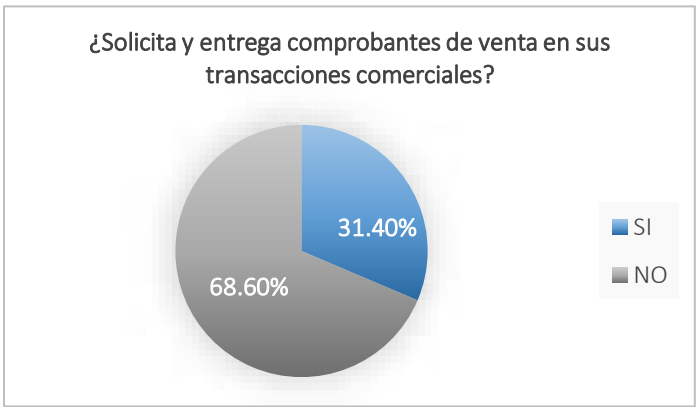


Figura 13. Comprobantes de venta.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 27-49
DOI:
https://doi.org/10.56519/9w62p446
Agosto 2026

El 29,9 % de los comerciantes manifestó mantener registros de sus movimientos económicos, mientras que el 70,1 % no lleva controles sobre sus operaciones, según se desprende del manejo de registros relacionados con los ingresos y gastos de la actividad económica (Figura 14).



Figura 14. Registro de ingresos y gastos.

Apenas el 40,7 % de los participantes ve el pago de impuestos como un deber ciudadano, y casi el 59,3 % restante no comparte esa perspectiva, de acuerdo con los datos obtenidos (Figura 15).



Figura 15. Responsabilidad ciudadana en el pago de impuestos.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 27-49

DOI:
https://doi.org/10.56519/9w62p446
Agosto 2026

3. Factores asociados a la informalización.

Tabla 3.Factores asociados a la informalización de comerciantes en Riobamba.

Pregunta	Sí		No	
	Frecuencia(n)	Porcentaje (%)	Frecuencia(n)	Porcentaje (%)
¿Considera que los impuestos representan una carga económica difícil de asumir?	162	83,5%	32	16,5%
¿Considera que la falta de recursos económicos dificulta la formalización?	158	81,4%	36	18,6%
¿Considera excesivos los requisitos exigidos para formalizarse?	149	76,8%	45	23,2%
¿Ha tenido dificultades para realizar trámites tributarios o municipales?	145	74,7%	49	23,3%
¿Considera insuficiente la orientación por parte de los entes de control?	154	79,4%	40	20,6%
¿Considera que la falta de empleo formal impulsa el comercio ambulante?	171	88,1%	23	11,9%
¿Considera que formalizar su actividad económica mediante la inscripción en el RUC le permitiría generar mayor confianza y atraer más clientes?	63	32,5%	131	67,5%
¿Cree que la formalización de su negocio le ayudaría a acceder a créditos o financiamiento para ampliar o mejorar su emprendimiento?	57	29,4%	137	70,6%
¿Considera que la informalidad es una práctica común entre los comerciantes?	167	86,1%	27	13,9%

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 27-49
DOI:
https://doi.org/10.56519/9w62p446
Agosto 2026

Sobre si los impuestos son una carga económica, el 83,5 % de los consultados considera que sí lo son, en tanto que el 16,5 % restante responde que no, tal como se refleja en la Figura 16.

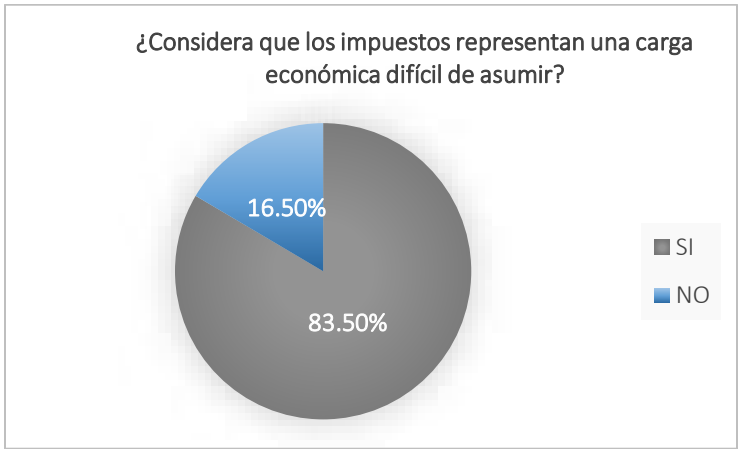


Figura 16. Carga económica del impuesto.

La falta de recursos económicos es vista como un obstáculo para la formalización por el 81,4 % de los consultados. El 18,6 % restante no la identifica como una dificultad para este proceso, de acuerdo con los datos recogidos (Figura 17).

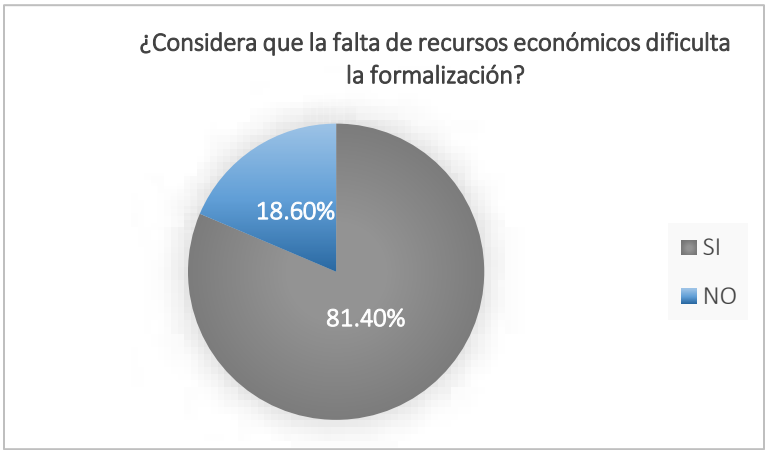


Figura 17. Recursos económicos y formalización.

Solo el 23,2 % de los consultados no considera excesivos los requisitos para la formalización, mientras que el 76,8 % restante sí los percibe como excesivos, según la valoración recogida (Figura 18).

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 27-49
DOI:
https://doi.org/10.56519/9w62p446
Agosto 2026



Figura 18.Requisitos excesivos.

Los procedimientos administrativos representaron una dificultad para el 74,7 % de los informantes, mientras que el 23,3 % restante dijo no haber tenido inconvenientes, de acuerdo con lo que se observa en la Figura 19.



Figura 19. Dificultades en trámites.

Sobre la orientación de los entes de control, el 79,4 % de los informantes opina que es insuficiente, mientras que el 20,6 % restante la encuentra adecuada, tal como se refleja en la (Figura 20).

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 27-49
DOI:
https://doi.org/10.56519/9w62p446
Agosto 2026

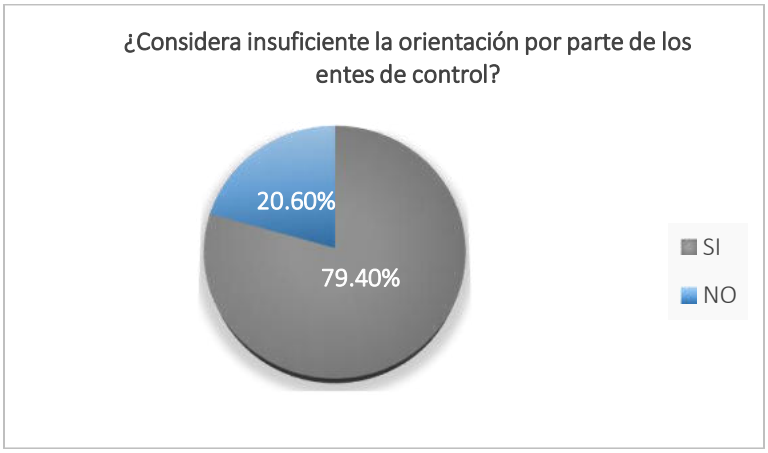


Figura 20. Orientación de los entes de control.

La falta de empleo formal es considerada por el 88,1 % de los informantes como un factor que incrementa el comercio ambulante, mientras que el 11,9 % restante no la relaciona con este fenómeno (Figura 21).

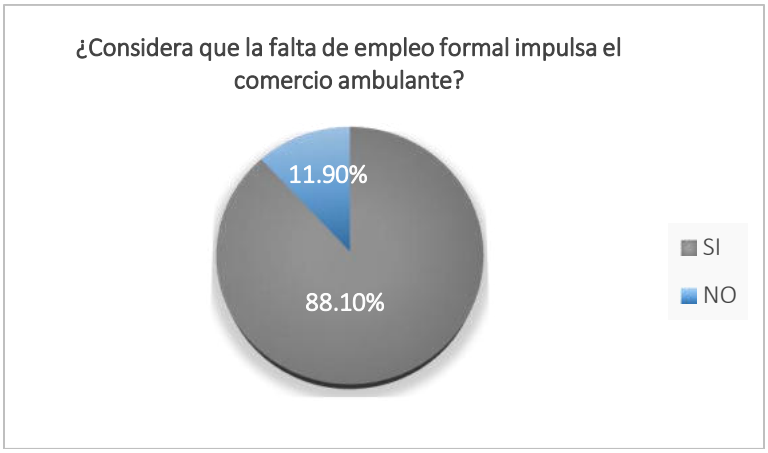


Figura 21. Empleo formal y comercio ambulante.

El 32,5 % de los informantes piensa que el RUC genera mayor confianza entre los clientes, en tanto que el 67,5 % restante considera que este registro no la aumenta (Figura 22).

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 27-49
DOI:
https://doi.org/10.56519/9w62p446
Agosto 2026



Figura 22. Confianza y RUC.

Respecto a los beneficios asociados a la formalización, el 70,6 % manifestó que esta no representa una vía para facilitar el acceso a créditos, en tanto que el 29,4 % considera que sí puede favorecer esta oportunidad (Figura 23).

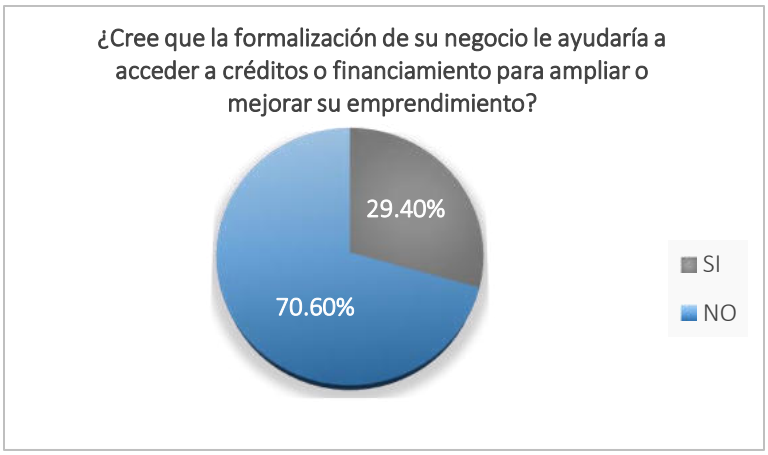


Figura 23.Acceso a créditos.

Catastrarse ante la administración tributaria como oportunidad de crecimiento: el 71,6 % de los encuestados dijo estar dispuesto a dar el paso, mientras que el 28,4 % restante no le interesa (Figura 24).

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 27-49
DOI:
https://doi.org/10.56519/9w62p446
Agosto 2026



Figura 24. Disposición hacia la formalización.

La informalidad como práctica habitual dentro de la actividad comercial es reconocida por el 86,1 % de los participantes, mientras que el 13,9 % no considera que esta situación se encuentre generalizada (Figura 25).



Figura 25. Presencia de la informalidad entre comerciantes.

DISCUSIÓN

Los resultados de la presente investigación evidencian un bajo nivel de cultura tributaria entre los comerciantes de los mercados y vendedores ambulantes de Riobamba, caracterizado por el desconocimiento de obligaciones fiscales (76,3%), la falta de capacitación (80,4%) y el desconocimiento de los beneficios del SRI (83,5%).Estos hallazgos coinciden estudios previos desarrollados por Santillán Silva (2022) en el mercado la Condamine de la cuidad de Riobamba, donde el 86,75% de los comerciantes desconocía sus obligaciones tributarias (8), y con Parco Cuje (2023), quien identificó que el 95% de los comerciantes informales de Riobamba no cumple con sus deberes formales (14). Estudios realizados en Santa Elena (Suárez Pico, 2025) (15), Puyo (Urrutia Guevara et al., 2025) (16)

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 27-49
DOI: https://doi.org/10.56519/9w62p446
Agosto 2026

y Quinindé (Velez Ruiz,2025) (17) confirman que el bajo conocimiento normativo y las limitaciones económicas condicionan el cumplimiento tributario a nivel nacional, lo que sugiere que la baja cultura tributaria es un fenómeno estructural en el comercio informal ecuatoriano.

Respecto a los factores que perpetúan el comercio no formalizado, el 88,1% de los encuestados reconoce que la falta de empleo formal impulsa el comercio ambulante, coincidiendo con Ordóñez Córdova (2024), quien encontró que los vendedores ambulantes tienen ingresos menores, pero trabajan más horas que los comerciantes formales (12). La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), señala que "la elevada informalidad y la evasión fiscal han sido identificadas como barreras estructurales para el crecimiento sostenible en América Latina, afectando la recaudación y la equidad distributiva" (18), lo que confirma la relación bidireccional observada en Riobamba: la complejidad percibida del sistema estatal demuestra que el 76.8% considera excesivos los requisitos y la insuficiente orientación de los entes de control (79,40%) alimentan la permanencia en la actividad al margen del sistema.

La implementación del RIMPE en 2022 no ha logrado permear en el sector más vulnerable, ya que el 83,50% de los comerciantes desconoce los beneficios del SRI. Mosquera Arévalo et al. (2024) sustentan que la confianza y la educación, en las instituciones junto con la participación ciudadana son esenciales para cambiar la cultura tributaria en el país (19). Sánchez Arévalo (2024) encontró una cultura tributaria deficiente en pequeños comerciantes acogidos al RIMPE en Milagro (20), y Quiroz Chang (2026) advierte que la simplificación normativa sin acompañamiento puede incrementar la informalidad, lo que explica por qué el 78,4% de los consultados opera en la informalidad a pesar de la existencia de este régimen (21).

El análisis correlacional reveló una relación inversa entre la cultura tributaria y la informalización ($r = -0,68$; $p < 0,01$), confirmando la hipótesis planteada. Este hallazgo coincide con Remache Páez, quienes hallaron una correlación de 0,705 entre cultura tributaria y deberes formales en el mercado Simón Bolívar de Riobamba (22), y con Arellano Cepeda et al. (2025), quienes reportaron una correlación del 25,8% entre cultura tributaria y cumplimiento fiscal en pequeñas empresas de Riobamba (23). Además, Larrea Cuadrado y Armijos Tandazo (2026) demostraron una relación positiva y significativa con un coeficiente Rho de Spearman de 0,901 en negocios del centro histórico de Riobamba (24) y Baque Sánchez y Zambrano Quiroz (2024) identificaron que la mayor parte de los comerciantes de Santa Ana no cumple sus obligaciones por falta de orientación (25). La correlación más fuerte se observó entre el conocimiento tributario y la informalización ($r = -0,62$), lo que indica que la falta de información fiscal es el componente más determinante de la informalidad, sugiriendo que las intervenciones orientadas a mejorar el conocimiento tributario podrían tener un impacto más significativo en la reducción de la informalidad.

Dos resultados anómalos merecen atención. Las respuestas obtenidas permiten apreciar que gran parte de los comerciantes no asocian la formalización tributaria con beneficios

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 27-49
DOI: https://doi.org/10.56519/9w62p446
Agosto 2026

palpables. El 70,6 % expresa que contar con el RUC no influye en las posibilidades de obtener un crédito y el 67,5 % señala que la inscripción tributaria tampoco genera mayor credibilidad en sus negocios. Los datos indican los encuestados no relacionan el registro ante el SRI con beneficios económicos inmediatos. Si bien el RUC permite identificar la actividad comercial ante la administración tributaria, las entidades financieras evalúan criterios como la capacidad de pago, el nivel de ingresos, las garantías y el historial crediticio al evaluar una solicitud de crédito. La resistencia a participar en capacitaciones tributarias limita la exposición a información que podría modificar estas percepciones (22). De igual forma, el 40% de cumplimiento entre comerciantes con menos de un año de actividad, frente al 23,5% en el grupo de 2 a 5 años, sugiere que el tiempo de permanencia el comercio no formalizado genera un efecto de acostumbramiento que dificulta la formalización, lo que subraya la importancia de intervenciones tempranas.

La presente investigación aporta evidencia empírica específica para Riobamba al analizar de forma integral la relación entre cultura tributaria e informalización en comerciantes de mercados y vendedores ambulantes, a diferencia de estudios previos centrados en mercados específicos (22) (24). El estudio cuantifica esta relación mediante un índice de cultura tributaria, ofreciendo insumos concretos para el diseño de políticas públicas. Futuras investigaciones podrían abordar las limitaciones del diseño transversal mediante estudios longitudinales que evalúen el impacto de intervenciones educativas en la formalización del comercio popular (16).

CONCLUSIONES

El comercio de Riobamba evidencia una cultura tributaria frágil: 76,3 % desconoce sus deberes, 80,4 % no ha sido capacitado y 83,5 % no ve ventajas en el SRI. Con solo un 26,8 % de cumplimiento puntual y un 40,7 % de conciencia ciudadana, el diagnóstico apunta a un problema de déficit estructural.

El 86,1 % ya ve normal la informalidad. Pero esa normalización tiene causas claras: falta empleo (88,1 %), faltan recursos (81,4 %), los impuestos se sienten excesivos (83,5 %). Los trámites tampoco ayudan (76,8 %) y la orientación es escasa (79,4 %). El resultado: la informalidad ya no se vive como excepción, sino como la regla. Dicho de otro modo, no es que los comerciantes elijan ser informales; es que el sistema, simplemente, no les ofrece otra ruta.

La estadística lo confirma, a menos cultura tributaria, más informalidad ($r = -0,68$; $p < 0,01$). Dicho de otro modo, el que no sabe, no paga. Pero este hallazgo apunta a dos salidas claras. Una, educar en materia fiscal. Otra, simplificar los trámites. Porque si el conocimiento es bajo y los procesos son engorrosos, la informalidad no va a bajar sola.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 27-49
DOI: https://doi.org/10.56519/9w62p446
Agosto 2026

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Loor Santana C, Sornoza Zamora C. Cultura tributaria y evasión fiscal de las pymes comerciales del cantón Pedernales-Manabí. 2025; https://doi.org/10.69639/arandu.v12i1.892
2. Barberán Zambrano N, Yong Amaya L, Bastidas Cabrera T. Confianza gubernamental y moral tributaria. Factores de cumplimiento de los contribuyentes. European Public & Social Innovation Review. 2025; 10; https://doi.org/10.31637/epsir-2025-2238
3. 3. Castañeda N. Equidad y moral tributaria en los países en desarrollo. Studies in Compartive international development. 2024; 59; https://doi.org/10.1007/s12116-023-09394-z
4. Agila Saavedra T. Diagnóstico de la cultura tributaria y su efecto en la evasión fiscal de los comerciantes informales en la provincia de Loja, Año 2022. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. 2023; https://n9.cl/kz7su
5. Asqui Valladares M. Regímenes tributarios en Latinoamérica y su relación con el RISE, RIM y RIMPE de Ecuador. Revista Enfoques. 2022; 6(24); https://doi.org/10.33996/revistaenfoques.v6i24.148
6. Ortiz Mayorga M, López Bermello S, Guangasi Lagua , Fiallos Bonilla. Influencia de la cultura tributaria en los niveles de evasión fiscal en Ecuador. Verdad y derecho. 2024; 3(1): p. 1 - 15; https://doi.org/10.62574/63ffeh72
7. Jimenez Muñoz MS. Estudio económico del sector comercial informal en los mercados municipales de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, año 2022. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2024; https://n9.cl/byzi5
8. Santillán Silva M. Cultura tributaria en los comerciantes del mercado La Condamine de la ciudad de Riobamba (Ecuador). Apuntes Contables. 2022;(30): p. 1-18; https://doi.org/10.18601/16577175.n30.07
9. Arias Vidal L. Evaluación del comportamiento tributario en comerciantes informales en la ciudad de Guayaquil año 2022. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. 2023; https://n9.cl/kbz144
10. Servicio de Rentas internas. RIMPE - Negocios Populares y Emprendedores. 2022; https://www.sri.gob.ec/rimpe
11. Enríquez Bermeo F. El comercio informal en Quito. Mundos plurales. 2024; 11(2); https://doi.org/10.17141/mundosplurales.2.2024.6307
12. Ordóñez Córdova MD. La informalidad y el bienestar : análisis de las características de trabajadores informales. Escuela Politécnica Nacional. 2024; https://n9.cl/bxyv42
13. Salazar Zúñiga C. Implicaciones del Comercio Informal en el contexto del modelo de Desarrollo Local en la ciudad de Riobamba. Universidad Nacional de Chimborazo. 2023; https://n9.cl/xbtwb
14. Parco Cuje KM. El comercio informal en medios digitales y el cumplimiento de los deberes formales tributarios. Universidad Nacional de Chimborazo. 2023; https://n9.cl/1zhw1

15. Suárez Pico HM. Cultura tributaria en los negocios del barrio Puerto Nuevo, cantón La Libertad, provincia de Santa Elena, año 2024. Universidad Estatal Península de Santa Elena. 2025; https://n9.cl/iicy9
16. Durán Maldonado , Urrutia Guevara J, Lach Tenecota W. Cultura tributaria de los comerciantes informales de prendas de vestir en la ciudad de Puyo. Noesis. ; 7(1); https://doi.org/10.35381/noesisin.v7i1.407
17. Velez Ruiz JD. Análisis de la cultura tributaria y cumplimiento de deberes formales de los comerciantes minoristas del cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas. Universidad Central Del Ecuador. 2025; https://n9.cl/36437
18. CEPAL. Panorama Fiscal de América Latina y el Caribe 2023: Política fiscal para el crecimiento, la redistribución y la transformación productiva. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 2023; https://n9.cl/6y0ten
19. Mosquera Arévalo , Carranza Quimi , Sandoval Cují , Pozo Calero. Diseño de estrategias para mejorar la cultura contable y tributaria de los comerciantes de Quevedo. Revista REMCA. 2024; 7(3): p. 306; https://doi.org/10.62452/kt7nbf81
20. Sánchez Arévalo S. Impacto de la cultura tributaria en la economía de pequeños comerciantes pertenecientes al Régimen RIMPE Negocio Popular del cantón Milagro durante el año 2023. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. 2024; https://n9.cl/0buuy
21. Quiroz Chang A. La gobernanza tributaria simplificada en el Régimen RIMPE: un análisis de eficiencia administrativa y transparencia en Ecuador. Revista Minerva. 2026; 7(19); https://doi.org/10.47460/minerva.v7i19.264
22. Remache Páez KD. La cultura tributaria y su influencia en los deberes formales de los contribuyentes del mercado Simón Bolívar de Riobamba, en el cantón Riobamba 2024. Universidad Nacional de Chimborazo. 2025; https://n9.cl/33k5sd
23. Arellano Cepeda OE, Ayaviri Nina , Villa Villa VM, Rodríguez E. Cumplimiento y cultura tributaria en pequeñas empresas comerciales de la ciudad de Riobamba. Perspectivas Sociales Y Administrativas. 2025; 3(2); https://doi.org/10.61347/psa.v3i2.92
24. Larrea Cuadrado PL, Armijos Tandazo A. Cultura tributaria y su efecto en el cumplimiento de las obligaciones fiscales en los negocios del centro histórico de Riobamba, 2025. Universidad nacional de Chimborazo. 2026; https://n9.cl/1eusj
25. Baque Sánchez. La cultura tributaria en el cumplimiento de las obligaciones fiscales de los comerciantes abastecedores del mercado central de Santa Ana". Universidad Estatal del Sur de Manabí. 2024; https://n9.cl/1l1z1y

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 50-71

DOI:
https://doi.org/10.56519/6pq14046
Agosto 2026

RELACIÓN ENTRE PRÁCTICAS DE CONTABILIDAD AMBIENTAL Y RENTABILIDAD EN LAS COOPERATIVAS DE AHORRO Y CRÉDITO

RELATIONSHIP BETWEEN ENVIRONMENTAL ACCOUNTING PRACTICES AND PROFITABILITY IN SAVINGS AND CREDIT COOPERATIVES

Sandra Estefanía Pazmiño Carrillo[1], Yanice Licenia Ordónez Parra[2]

{sandra.pazmino.50@est.ucacue.edu.ec[1],jordonezp@ucacue.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 19/06/2026 / Fecha de aceptación: 28/07/2026 / Fecha de publicación: 25/08/2026

RESUMEN: El surgimiento por este estudio nació al identificar que, en muchas cooperativas del sector financiero popular, los temas ambientales suelen presentarse más como parte de la imagen institucional que como información integrada a los estados financieros. En respuesta a esta situación, la investigación tuvo como objetivo analizar la relación entre la contabilidad ambiental y la rentabilidad en las cooperativas de ahorro y crédito de los segmentos 1 y 2 de Ambato, Ecuador. Para ello, se desarrolló un estudio con enfoque mixto y diseño transversal, mediante un censo aplicado a directivos y contadores de las 17 cooperativas de la ciudad. La información recopilada se analizó con el coeficiente Rho de Spearman, lo que permitió examinar la relación entre las variables del estudio. Los resultados mostraron en un 53% el manejo adecuado de los recursos naturales y el registro de los impactos ambientales que contribuyen a mejorar la toma de decisiones internas y favorecen una mejor gestión de los costos operativos. No obstante, cuando se examinó los indicadores financieros de rendimiento sobre el patrimonio y de rendimiento sobre los activos, se encontró que no existe vinculo estadístico con la rentabilidad, por lo que fue rechazada la hipótesis inicial. En conclusión, en las cooperativas en un 67% se contribuye al manejo de la contabilidad ambiental mediante el control de gastos y a la eficiencia operativa, obteniendo beneficios en la gestión diaria. No obstante, su impacto en los resultados financieros finales no refleja resultados positivos. Esto implica el desafío de fortalecer la preparación del personal, acoger herramientas analógicas e integrar la sostenibilidad como parte esencial de la información financiera.

Palabras clave: Rentabilidad, cooperativas de ahorro y crédito, contabilidad ambiental, optimización de recursos

[1]Universidad Católica de Cuenca – UCACUE, https://orcid.org/0009-0002-5872-4960
[2]Universidad Católica de Cuenca – UCACUE, https://orcid.org/0000-0002-5002-2203

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 50-71

DOI:
https://doi.org/10.56519/6pq14046
Agosto 2026

ABSTACT: This study originated from the observation that, in many cooperatives within the popular financial sector, environmental issues tend to be presented more as part of the institutional image than as information integrated into financial statements. In response to this situation, the research aimed to analyze the relationship between environmental accounting and profitability in savings and credit cooperatives classified as Segments 1 and 2 in Ambato, Ecuador. To this end, a study employing a mixed-methods approach and a cross-sectional design was conducted, utilizing a census of executives and accountants from the city's 17 cooperatives. The collected data were analyzed using Spearman's Rho coefficient, allowing for an examination of the relationship between the study variables. The results indicated that 53% of the cooperatives demonstrated proper management of natural resources and the recording of environmental impacts, factors that contribute to improved internal decision-making and better operational cost management. However, an examination of financial indicators—specifically return on equity and return on assets—revealed no statistical link to profitability, leading to the rejection of the initial hypothesis. In conclusion, while 67% of the cooperatives contribute to environmental accounting management through expense control and operational efficiency—thereby gaining benefits in day-to-day operations—this does not translate into a positive impact on final financial results. This highlights the challenge of strengthening staff training, adopting analytical tools, and integrating sustainability as an essential component of financial information.

Keywords: ***Profitability, Savings and credit cooperatives, Environmental accounting, Resource optimization***

INTRODUCCIÓN

Antecedentes del problema de estudio

En la actualidad, la contabilidad ambiental va más allá de su función informativa, ya que se consolida como un pilar esencial de competitividad estratégica. En España se menciona un ejemplo relacionado con los bonos verdes, el cual evidencia una relación positiva entre el rendimiento ambiental y la reducción de emisiones (1). En contexto latinoamericanos responde a una urgencia por mantener la economía ante las crecientes exigencias del capital responsable (2).

La falta información de la contabilidad ambiental impide conocer cuál es el efecto real de los proyectos y su contribución al ecosistema. Las Normas Internacionales de Información Financiera (NIIF) ofrecen una estructura técnica clara, estas ignoran el registro de hechos sociales y ecológicos, lo cual fuerza a evaluar riesgos mediante datos financieros que resultan insuficientes para medir la vulnerabilidad ambiental (3).

Este problema se vuelve crítico, pues la falta de indicadores de sostenibilidad genera expedientes incompletos y facilita la entrega de recursos a empresas con un manejo ecológico deficiente. Solo bajo este rigor cualitativo será posible impulsar modelos de

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 50-71

DOI:
https://doi.org/10.56519/6pq14046
Agosto 2026

gestión transparente que dejen atrás el uso de reportes ambientales como meras herramientas de imagen corporativa.

En este contexto, la aplicación de las Normas Internacionales de Información Financiera (NIIF) presentan inconsistencias en la medición, reconocimiento y revelación de la información financiera, los gastos y riesgos relacionados con la contabilidad ambiental. Esto ocurre en las cooperativas de segmento 1 y 2 en la ciudad de Ambato, ya que existen limitaciones inherentes a la aplicación de la norma. Al ser un marco normativo enfocado estrictamente en la razonabilidad de los estados financieros tradicionales, las NIIF carecen de métricas estandarizadas para cuantificar el impacto ambiental, sus sistemas contables actuales no logran capturar de qué manera los riesgos ecológicos de sus socios afectan su solvencia a largo plazo, ni cómo la asignación de capital está impactando el entorno local. Por consiguiente, surge la necesidad de adoptar un modelo que integre la contabilidad ambiental para subsanar los vacíos técnicos que la normativa financiera tradicional omite.

Ante esta situación, la presente investigación formula la siguiente pregunta ¿Cómo se relaciona la contabilidad ambiental con la rentabilidad de las cooperativas de ahorro y crédito pertenecientes a los segmentos 1 y 2 en la ciudad de Ambato, Ecuador? A fin de comprobar la hipótesis: Hi la contabilidad ambiental se relaciona de manera positiva con la rentabilidad de las cooperativas de ahorro y crédito pertenecientes a los segmentos 1 y 2 de la ciudad de Ambato, Ecuador.

Fundamentos conceptuales de la contabilidad ambiental en las cooperativas de ahorro y crédito

La contabilidad ambiental alude como un modelo de gestión dentro del enfoque de la contabilidad de sostenibilidad (4). Desde una perspectiva más amplia, la contabilidad ambiental ha ido ganando importancia en el entorno empresarial actual, ya que se ha convertido en una herramienta que permite integrar tanto la información financiera como la no financiera en los procesos de gestión y toma de decisiones (5).

En este sentido, la gestión ambiental se orienta a la recolección y análisis de los datos de información que se da con el uso de los recursos naturales y del impacto generado por la actividad humana, como las emisiones de dióxido de carbono, el uso de agua, la generación de residuos y de energías renovables. La información facilita el diagnóstico del impacto ambiental mediante indicadores, como la eficiencia en el uso de energía y la mitigación de emisiones (2).

Este estudio abarca el aprovechamiento de los recursos naturales, el manejo de residuos y el consumo de energía, elementos fundamentales para la toma de decisiones responsable (6). En este sentido alude sobre la estrategia orientada a la preservación del entorno y el fortalecimiento de la sostenibilidad institucional. De igual forma, la dimensión social se relaciona con la forma en que las actividades de la organización influyen en las personas y en la comunidad que la rodea (7). Sin embargo, bajo el marco de las Normas Internacionales de Información Financiera (NIIF) con la reciente incorporación de los estándares de sostenibilidad S1 y S2 los cuales se encuentra

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 50-71

DOI:
https://doi.org/10.56519/6pq14046
Agosto 2026

incompletos, debido a que mantiene una visión predominantemente financiera orientada al inversor. Esta limitación técnica y normativa provoca que actividades operativas y comunitarias esenciales, tales como los procesos internos de reciclaje y la gestión colectiva de residuos, no se reflejan de manera tangible en los balances generales de las organizaciones provocando que determinadas actividades operativas y comunitarias, como los procesos internos de reciclaje, la gestión colectiva de residuos y las iniciativas de bienestar social, no se manifiesten de manera tangible dentro de los estados financieros (3)(5).

La ética y la responsabilidad corporativa van de la mano, porque reflejan el compromiso real de una empresa por actuar con integridad y siendo consciente de su papel en la sociedad (8). Además, la ética empresarial se considera como una guía para la gestión hacia valores como la honestidad, la transparencia y la objetividad (9). Al mismo tiempo, la rentabilidad se sigue viendo como un pilar fundamental en la planeación estratégica, ya que muestra la capacidad que tiene una organización para convertir sus recursos en ganancias reales. Esta métrica ayuda a medir qué tan eficiente es la empresa administrando todo lo que tiene, tanto lo tangible como lo intangible, y también permite ver su potencial para generar valor (10). Esto resulta ventajoso a la hora de evaluar el desempeño financiero y decidir hacia dónde dirigir el negocio.

Esto es fundamental, porque permite evaluar de manera completa tanto el desempeño administrativo como la forma en que se despliega estratégicamente el capital (11). Son dos pilares clave para garantizar que la entidad sea sostenible y que su patrimonio se fortalezca con el tiempo. Partiendo de ahí, la rentabilidad no es más que un reflejo de cómo se está manejando el negocio (12). Por ejemplo, cuando miramos el margen bruto, podemos ver con claridad qué tan eficaces son las operaciones nos muestra si estamos cuidando los costos y si el valor que asignamos a nuestros productos es el adecuado para sostener la estructura de la empresa.

En relación con lo anterior la eficiencia operativa se alcanza cuando la reducción de gastos y el cuidado de la calidad se fusionan como fuerzas que impulsan la producción (13). Bajo este enfoque, elevar los estándares de calidad permite detener el goteo de errores y el malgasto de insumos, lo cual asegura un aprovechamiento pleno de los recursos y fortalece la posición del negocio en el tiempo (14). El objetivo de la investigación es analizar la relación entre la contabilidad ambiental y la rentabilidad en de las cooperativas de ahorro y crédito pertenecientes a los segmentos 1 y 2 en la ciudad de Ambato, Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se amparó en el paradigma positivista, se consideró la realidad de las cooperativas de ahorro y crédito pertenecientes a los segmentos 1 y 2 de la ciudad de Ambato, Ecuador como el contexto base para el desarrollo de la investigación que fue objetiva, medible y susceptible de análisis empírico, y a la vez buscó explicar las relaciones causales entre las variables de estudio. En este marco, la contabilidad ambiental fue considerada como la variable independiente y la rentabilidad como la

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 50-71

DOI:
https://doi.org/10.56519/6pq14046
Agosto 2026

variable dependiente, ambas operacionalizadas en indicadores cuantificables que permitieron su medición y análisis estadístico. De esta forma, el estudio no solo permitió comprobar la hipótesis planteada sobre la relación positiva entre ambas variables, también explicar cómo las prácticas de contabilidad ambiental influyeron en el desempeño financiero de las cooperativas de ahorro y crédito, aportando evidencia empírica que contribuyó a la comprensión del fenómeno investigado (15).

La presente investigación se desarrolló a través de un diseño no experimental, puesto que el fenómeno fue desarrollado en su entorno natural sin la manipulación deliberada de las variables independientes, respondiendo así la integridad de los datos observados. Se utilizó un enfoque mixto que combina métodos cualitativo-cuantitativo, lo que propicio una fusión una estrategia que permitió la precisión psicométrica de los indicadores numéricos y la profundidad interpretativa de la información cualitativa obtenida en el campo. El estudio fue diseñado con un alcance correlacional-causal, con el propósito de no solo a identificar, sino a explicar el grado de asociación y dependencia entre las variables de estudio. La metodología se sustentó en un enfoque hipotético-deductivo, analítico-sintético; la cual permitió verificar la hipótesis y organizar la información. De este modo, se aseguró que los hallazgos sean confiables, válidos y el estudio pueda replicarse en otros contextos.

Para recolectar datos se empleó la técnica de la encuesta. Realizada al personal de gerencia o dirección, departamento contable o financiero y área de operaciones o administración en las 17 cooperativas de ahorro y crédito, lo que validó la información para comprender el fenómeno estudiado. El instrumento fue sometido a un proceso de aprobación mediante la evaluación de especialistas, quienes examinaron su relevancia y pertinencia para evaluar el tema propuesto (16).

En este marco, el Índice de Validez de Contenido (IVC) aplicado mediante la fórmula, basada en la propuesta clásica de Lawshe:

$$IVC = \frac{N_e - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}}$$

La validación de contenido del instrumento de 20 ítems alcanza un Índice de Validez de Contenido (IVC) global de 0,87, resultado que supera el mínimo de 0,80 recomendado para un panel de cinco jueces N = 5 y que confirma una fuerte alineación teórica, ya que solo tres reactivos recibieron objeciones. Este índice se calcula a partir de la fórmula de Lawshe, la cual contrasta la variable N el número total de expertos participantes que son cinco en este caso, con la variable N_e que representa la cantidad de jueces que evaluaron cada ítem; esta relación matemática se utiliza para medir el grado de consenso y determinar si el acuerdo supera lo esperado por el azar, proporcionando la validez del instrumento. Metodológicamente, aunque se trata de una muestra cualitativa reducida (5 expertos), esta es adecuada y ampliamente aceptada en estudios descriptivo-causales de validación de instrumentos (22).

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 50-71

DOI:
https://doi.org/10.56519/6pq14046
Agosto 2026

La presente investigación adoptó un enfoque censal abarcando todas las entidades de los segmentos 1 y 2 ubicadas en la ciudad de Ambato, Ecuador. Esta selección no aleatoria comprende 17 instituciones, lo cual facilita un análisis detallado sobre la realidad local sin necesidad de aplicar métodos de muestreo aleatorio. El grupo evaluado esta principalmente conformado por las cooperativas: OSCUS, San Francisco, El Sagrario, Educadores de Tungurahua, Mushuc Runa, Indígena SAC, Maquita Cushun, Ambato, Kullki Wasi, Chibuleo, Vencedores, Kisapincha, Acción Tungurahua, Sumak Samy, Credi Ya, Sisa e Interandina (17).

Tabla 1. Matriz de operacionalización de las variables.

Variable Independiente Contabilidad ambiental		
Variable	**Dimensiones**	**Indicadores**
Contabilidad ambiental	**Dimensión ambiental**	• Registro contable de impactos ambientales • Medición de emisiones de CO2 y consumo energético • Gestión contable de recursos naturales
	Dimensión social	• Registro de inversiones sociales • Información sobre bienestar laboral • Inclusión de criterios sociales en informes contables
	Dimensión económica ambiental	• Evaluación del desempeño financiero a largo plazo • Integración de criterios de sostenibilidad en la rentabilidad • Asignación eficiente de recursos
	Ética y responsabilidad corporativa	• Aplicación de principios éticos en la información contable • Existencia de códigos de ética • Cumplimiento de normativas financieras y ambientales
Variable Dependiente rentabilidad		
Variable	**Dimensiones**	**Indicadores**
Rentabilidad	**Rentabilidad financiera**	• Rentabilidad sobre activos (ROA) • Rentabilidad sobre patrimonio (ROE) • Margen financiero
	Eficiencia operativa	• Reducción de costos operativos • Optimización del uso de recursos • Relación costos–ingresos
	Rentabilidad a largo plazo	• Crecimiento sostenido de utilidades • Estabilidad financiera • Sostenibilidad del rendimiento económico

Nota. *Matriz de operacionalización de variables, dimensiones e indicadores del estudio.*

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 50-71

DOI:
https://doi.org/10.56519/6pq14046
Agosto 2026

RESULTADOS

Distribución de los encuestados según edad**:** el analisis de la tabla 1 muestran que el 41,2% de los encuestados se ubica entre 25 y 35 años, seguido por el grupo de más de 45 años con 29,4%, mientras que los rangos de 36 a 45 años y menores de 25 años representan el 17,6% y 11,8%. Esta distribución evidencia una mayor participación de personal en etapa productiva, lo que puede favorecer la adopción de prácticas contables vinculadas a la sostenibilidad según en la tabla 2.

Tabla 2. Frecuencias para edad.

Edad	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Válido	Porcentaje Acumulado
25-35 años	7	41.2	41.2	41.2
36-45 años	3	17.6	17.6	58.8
Menos de 25 años	2	11.8	11.8	70.6
Más de 45 años	5	29.4	29.4	100.0
Ausente	0	0.0		
Total	17	100.0		

Nota. Frecuencia y porcentaje de las respuestas obtenidas sobre la edad de los encuestados (n=17).

Bienestar laboral en informes contables según género: los resultados descriptivos evidencian que el 47,1% de los encuestados señala que la información sobre bienestar laboral se incluye de manera completa en los informes contables, seguido por un 29,4% que indica que se incorpora muy poco, un 17,6% que manifiesta que se presenta y un 5,9% que señala que no se incluye. En el análisis por género, el grupo femenino presenta mayor dispersión en las respuestas con 40% en inclusión completa, 30% en muy poco, 20% en inclusión parcial y 10% en no se incluye, mientras que en el grupo masculino predomina la inclusión completa con 57,1%, seguido de 28,6% en muy poco y 14,3% en inclusión parcial, sin registros en la categoría no se incluye. En cuanto al contraste Chi-cuadrado, el valor p=0,792 con 3 grados de libertad indica que no existe evidencia para establecer una asociación entre el género y la inclusión de información de bienestar laboral en los informes contables en las cooperativas analizadas como se evidencia en la tabla 3-4.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 50-71
DOI: https://doi.org/10.56519/6pq14046
Agosto 2026

Tabla 3. Bienestar laboral en informes contables según género.

¿Se incluye información sobre bienestar laboral en los informes contables?					
Género:	**Muy poco**	**No se incluye**	**Sí, de manera complete**	**Sí, parcialmente**	**Total**
Femenino	3	1	4	2	10
Masculino	2	0	4	1	7
Total	5	1	8	3	17

Nota. Frecuencia y porcentaje de las respuestas sobre la inclusión de información de bienestar laboral en los informes contables según género

Tabla 4. Contrastes Chi- cuadrado.

	Valor	**Gl**	**p**
X^2	1.036	3	.792
N	17		

Nota. *Prueba Chi-cuadrado para evaluar la relación entre género y la inclusión de información de bienestar laboral en los informes contables.*

El registro de impactos ambientales y control de recursos naturales: Muestran que el 52,9% de los encuestados indica que se registran los impactos ambientales, y dentro de este grupo, el 66,7% también señala que se lleva un control contable de los recursos naturales, lo que refleja una aplicación más consistente de estas prácticas. En contraste, el 35,3% manifiesta que estos registros se realizan a veces, predominando en este grupo un 66,7% que rara vez lleva control de los recursos, lo que evidencia ciertas limitaciones en la integración de ambos procesos. Las categorías de nunca y rara vez presentan una participación reducida del 5,9% cada una. En relación con el análisis estadístico, el valor p=0,228 obtenido en la prueba Chi-cuadrado indica que no se identifica una relación entre el registro de impactos ambientales y el control contable de los recursos naturales en las cooperativas evaluadas como se muestra en la tabla 5 y 6.

Tabla 5. Registro de impactos ambientales y control de recursos naturales.

	¿Se lleva un control contable de los recursos naturales utilizados por la cooperativa?			
¿Su cooperativa registra contablemente los impactos ambientales de sus operaciones?	Algunas veces	Rara vez	Siempre	Total
A veces	1	4	1	6
Nunca	0	0	1	1
Rara vez	0	1	0	1
Siempre	2	1	6	9

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 50-71
DOI: https://doi.org/10.56519/6pq14046
Agosto 2026

Tabla 5. Registro de impactos ambientales y control de recursos naturales.

¿Su cooperativa registra contablemente los impactos ambientales de sus operaciones?	¿Se lleva un control contable de los recursos naturales utilizados por la cooperativa?			
	Algunas veces	Rara vez	Siempre	Total
Total	3	6	8	17

Nota. Frecuencia y porcentaje de respuestas sobre el registro de impactos ambientales y el control contable de recursos naturales (n=17).

Tabla 6. Registro de impactos ambientales y control de recursos naturales.

	Valor	gl	p
X^2	8.146	6	.228
N	17		

Nota. Relación entre variables combinadas evaluada con Chi-cuadrado (p<0,05; n=17)

Registro de inversiones sociales e incorporación de criterios sociales en reportes financiero: los resultados evidencian que el 52,9% de los encuestados indica que siempre se registran las inversiones sociales, y dentro de este grupo el 77,8% también señala que siempre se incorporan criterios sociales en los reportes financieros, mientras que el 11,1% lo hace a veces y el 11,1% rara vez, lo que refleja mayor coherencia en estas prácticas. En cambio, el 47,1% manifiesta que las inversiones sociales se registran a veces, donde el 50% también incorpora criterios sociales a veces, seguido de un 25% que lo hace siempre y un 25% rara vez, lo que muestra una aplicación menos consistente. En relación con el análisis estadístico, el valor p=0,088 indica que no se identifica una relación entre ambas variables, pese a que se observa cierta tendencia de asociación en las cooperativas como se envidencia en la tabla 7 y 8.

Tabla 7. Registro de inversiones sociales e incorporación de criterios sociales en reportes financiero.

	¿La cooperativa incorpora criterios sociales en sus reportes financieros?			
¿Se registran las inversiones sociales realizadas por la cooperativa?	**A veces**	**Rara vez**	**Siempre**	**Total**
A veces	4	2	2	8
Siempre	1	1	7	9
Total	5	3	9	17

Nota. Frecuencia y porcentaje de respuestas sobre el registro de inversiones sociales y la incorporación de criterios sociales en los reportes financieros

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 50-71

DOI:
https://doi.org/10.56519/6pq14046
Agosto 2026

Tabla 8. Relación entre inversiones sociales y criterios sociales en reportes financieros.

	Valor	Gl	P
X^2	4.869	2	.088
N	17		

Nota. *Relación entre el registro de inversiones sociales y la incorporación de criterios sociales evaluada con Chi-cuadrado (p<0,05; n=17).*

Medición de CO_2 y consumo energético: los resultados muestran que la medición de emisiones de CO_2 y del consumo energético ya forma parte de la gestión en varias cooperativas, pues un 41.2% la realiza de manera sistemática y un 35.3% de forma ocasional, sumando un 76.5% que aplica este tipo de prácticas en algún nivel. Esto evidencia un avance en la incorporación del enfoque ambiental dentro de la gestión institucional. No obstante, todavía existen debilidades, pues un 17.6% indica que la medición se realiza de manera irregular y un 5.9% que no se lleva a cabo, lo que refleja falta de continuidad y estandarización. Sin embargo, hay progreso, la aplicación aún no es homogénea, lo que puede limitar la calidad de la información contable ambiental y su utilidad para la toma de decisiones financieras (ver figura 1)

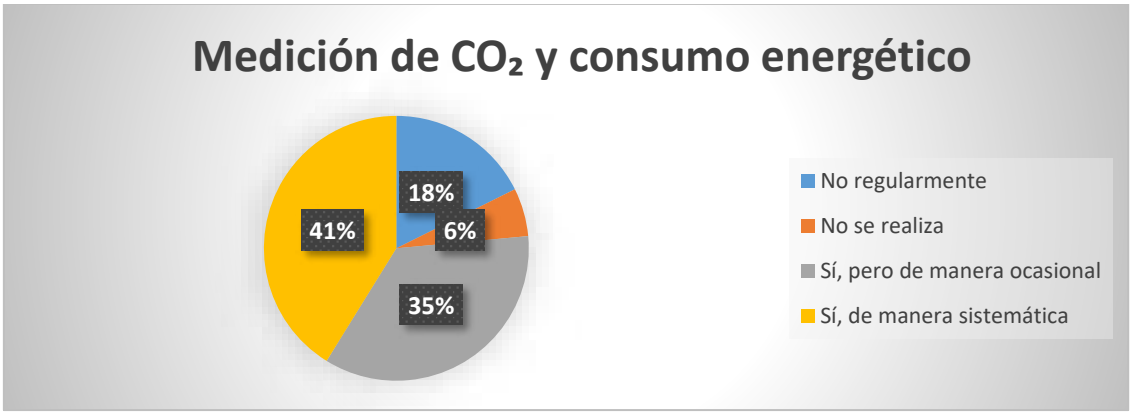


Figura 1. Medición de CO_2 y consumo energético.

Nota. *La mayoría de las cooperativas realiza la medición de emisiones de CO_2 y consumo energético con diferencias en su frecuencia y nivel de aplicación.*

Aplicación de principios éticos contables: los resultados muestran que la aplicación de principios éticos en la elaboración de la información contable es una práctica bastante extendida en las cooperativas analizadas, porque el 58.8% señala que siempre se aplican y un 35.3% que se utilizan en algunas ocasiones, alcanzando en conjunto un 94.1%. Esto refleja una tendencia clara hacia el uso de criterios éticos en los procesos contables. Sin embargo, un 5.9% indica que se aplican rara vez, lo que evidencia que aún existen ciertos vacíos en su aplicación constante. En general, la ética contable está presente en la mayoría de los casos, todavía es necesario reforzar su uso continuo para lograr mayor consistencia y confianza en la información financiera (ver figura 2)

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 50-71

DOI:
https://doi.org/10.56519/6pq14046
Agosto 2026

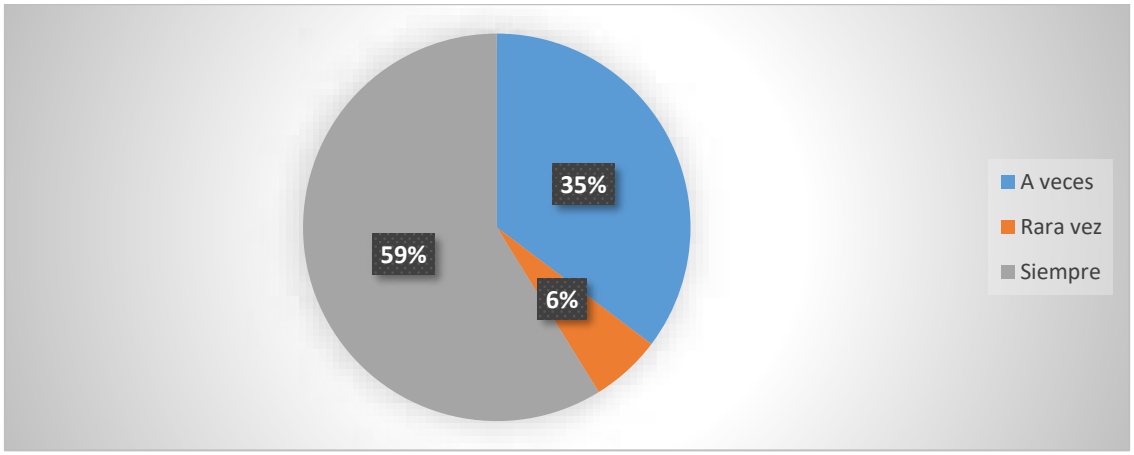


Figura 2. Aplicación de principios éticos contables.

Nota. *Predomina la aplicación de principios éticos en la información contable con variaciones en su frecuencia.*

Analisis de normalidad de variable mediante la prueba se Shapiro- Wilk

El análisis de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk evidencia que todas las variables evaluadas presentan valores p inferiores a 0,05, oscilando entre <0,001 y 0,018, lo que conduce, con rigor estadístico, al rechazo sistemático de la hipótesis nula de normalidad en cada uno de los ítems analizados. Este comportamiento es consistente tanto en variables sociodemográficas (edad, género, nivel de estudios, cargo y experiencia) como en aquellas relacionadas con prácticas contables, ambientales y de sostenibilidad. Los estadísticos W, que varían entre 0,611 y 0,865, refuerzan la evidencia de desviaciones respecto a una distribución normal, lo cual puede atribuirse, en parte, al carácter ordinal de las variables (escalas tipo Likert) y al tamaño muestral reducido (n=17) (ver anexo1)

Relacion entre variables mediante estadistica no paramétrica

En esta sección se examina la relación entre las variables de estudio, contabilidad ambiental y rentabilidad, con el objetivo de determinar tanto la intensidad como el sentido de su asociación. Para ello, se utilizó el coeficiente de correlación Rho de Spearman (ver tabla 5)

La interpretación de los resultados del coeficiente Rho de Spearman (ρ) se basa en dos elementos fundamentales: la fuerza y dirección de la relación y su significancia estadística. El valor de ρ oscila entre -1 y +1; valores cercanos a +1 indican una relación positiva (ambas variables aumentan), cercanos a -1 reflejan una relación negativa (una variable aumenta mientras la otra disminuye), y valores próximos a 0 evidencian ausencia de relación. En cuanto a la magnitud, se considera que coeficientes entre 0,00–0,29 son débiles, 0,30–0,59 moderados y ≥0,60 fuertes. No obstante, para determinar si esta relación es estadísticamente válida, se analiza el valor p: si $p < 0,05$, la correlación es significativa y se puede generalizar a la población; en caso contrario, no existe evidencia suficiente para afirmar una relación real como se envidencia en la tabla 9.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 50-71
DOI: https://doi.org/10.56519/6pq14046
Agosto 2026

Tabla 9. Relación entre contabilidad ambiental, gestión y rentabilidad.

Variable 1	Variable 2	ρ (Spearman)	p
P8: Control de recursos naturales	P6: Registro de impactos ambientales	0.429	0.086
P8: Control de recursos naturales	P18: Rentabilidad (ROA/ROE)	0.115	0.660
P8: Control de recursos naturales	P9: Inversiones sociales	0.248	0.337
P8: Control de recursos naturales	P20: Información ambiental en decisiones	0.680	0.005
P8: Control de recursos naturales	P19: Optimización de recursos	0.619	0.008
P6: Registro de impactos ambientales	P18: Rentabilidad (ROA/ROE)	0.243	0.348
P6: Registro de impactos ambientales	P9: Inversiones sociales	0.441	0.076
P6: Registro de impactos ambientales	P20: Información ambiental en decisiones	0.612	0.015
P6: Registro de impactos ambientales	P19: Optimización de recursos	0.234	0.367
P18: Rentabilidad (ROA/ROE)	P9: Inversiones sociales	0.088	0.736
P18: Rentabilidad (ROA/ROE)	P20: Información ambiental en decisiones	0.407	0.132
P18: Rentabilidad (ROA/ROE)	P19: Optimización de recursos	0.138	0.598
P9: Inversiones sociales	P20: Información ambiental en decisiones	0.377	0.165
P9: Inversiones sociales	P19: Optimización de recursos	0.485	0.049
P20: Información ambiental en decisiones	P19: Optimización de recursos	0.579	0.024

Nota. Coeficiente Rho de Spearman (ρ); se consideran significativas las relaciones con $p < 0,05$.

Al examinar detenidamente los resultados presentados en la tabla 5, se puede identificar un patrón bastante evidente. Por un lado, existe una conexión entre las variables que se relacionan con la gestión tanto ambiental como operativa.

Por ejemplo, cuando la cooperativa realiza un adecuado manejo de sus recursos naturales (P8), también tiende a utilizar más información ambiental al tomar decisiones (P20) y a optimizar sus recursos (P19). Estas conexiones no solo son favorables, sino que también son relevantes, lo que sugiere que no son el resultado del azar, sino que reflejan prácticas reales dentro de las organizaciones. De la misma manera, el registro ambiental (P6) se vincula con el proceso para la toma de decisiones, lo que evidencia que la contabilidad ambiental efectivamente aporta valor a la gestión interna. No obstante, cuando se analiza la rentabilidad (P8), la situación se transforma. Sin embargo, algunas correlaciones son favorables, no son de gran relevancia, lo que muestra que no se puede asegurar que la contabilidad ambiental está afectando los resultados económicos. En otros términos, en las cooperativas se puede estar trabajando con aspectos ambientales y de gestión, pero eso aún no se refleja un mejor nivel de rentabilidad. De manera conjunta, los hallazgos nos indican que la contabilidad ambiental mejora y optimiza los recursos y ayuda a la toma de decisiones administrativas de las cooperativas, aunque su impacto en la ganancia no se manifiesta de manera directa en los parámetros económicos. El estudio cuantitativo, mediante el uso del coeficiente Rho de Speearman, valida la conexión entre contabilidad ecológica y

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 50-71

DOI:
https://doi.org/10.56519/6pq14046
Agosto 2026

rentabilidad, pero no presenta significancia estadística, lo que resulta en el rechazo de la hipótesis planteada. Sin embargo, las conexiones de variables y las tendencias favorables entre la gestión interna nos muestran que su aportación se sitúa en el plano intermedio del desempeño organizacional, donde refuerza en los procesos para influir con los resultados finales.

Tabla 10. Enfoque técnico.

Variable Independiente	Coeficiente (β)	Error Estándar	Valor z	p-valor	Odds Ratio (OR)	IC 95% (Bootstrapped)
P8: Control de recursos naturales	0.312	0.248	1.258	0.208	1.367	[0.812 - 2.014]
P6: Registro de impactos ambientales	0.187	0.221	0.846	0.398	1.206	[0.765 - 1.892]
P20: Información ambiental en decisiones	0.456	0.239	1.908	0.056	1.578	[0.987 - 2.451]
P19: Optimización de recursos	0.274	0.255	1.075	0.282	1.315	[0.793 - 2.087]
P9: Inversiones sociales	0.098	0.214	0.458	0.647	1.103	[0.712 - 1.689]
Constante (Umbral 1)	-1.872	0.612	-3.059	0.002	-	-
Constante (Umbral 2)	0.245	0.598	0.410	0.682	-	-

Nota. Modelo de regresión logística (p > 0,05).

Análisis Cualitativo

A fin de fortalecer la investigación y comprobar la hipótesis propuesta, el estudio cualitativo proporcionó la comprensión de esta gestión a través de las acciones en las cooperativas objeto de estudio, quienes examinan la contabilidad ambiental a través del control de insumos y monitoreo del uso de recursos como papel, plásticos y electricidad. Este método promueve la efectividad y produce ahorros, lo cual se alinea con los resultados en la administración interna. De manera complementaria al realizar la aplicación del Modelo de Regresión Logística Ordinal se evaluaron varios modelos, siendo el más relevante aquel que toma como variable dependiente la rentabilidad (P18) y como variables explicativas las principales dimensiones de contabilidad ambiental (P8, P6, P20 y P19).

Los resultados del modelo de regresión logística ordinal indican que no existe una relación estadísticamente significativa entre la mayoría de las prácticas de contabilidad ambiental y el nivel de rentabilidad de las empresas analizadas. Específicamente:

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 50-71

DOI:
https://doi.org/10.56519/6pq14046
Agosto 2026

El coeficiente de P8 (Control de recursos naturales) presentó un valor positivo, pero no significativo (p > 0,05), sugiriendo que, no se puede afirmar que un mayor control de recursos naturales aumente de forma significativa de conseguir mayores niveles rentabilidad, aunque existe una tendencia positiva.

La variable P20 de información ambiental en decisiones, mostró un coeficiente fuerte y cercano a la significancia, indicando que una mejor integración de información ambiental en la toma de decisiones, esto podría aumentar las probabilidades de obtener mayor rentabilidad, aunque esta relación no alcanza el principio convencional de significancia en la muestra estudiada. Las variables P6 registro de impactos ambientales y P19 Optimización de recursos no mostraron efectos significativos sobre la rentabilidad. Los intervalos de confianza bootstrapped confirmaron la estabilidad de las estimaciones, reforzando la conclusión de que la relación entre contabilidad ambiental y rentabilidad es débil en este contexto.

No obstante, existe una desconexión con procesos estratégicos y la carencia de una evaluación más amplia de impactos que limitan su alcance, lo que ayuda a entender por qué su contribución no se traduce en rentabilidad. De forma conjunta, se determina un proceso en el cual la contabilidad ambiental fortalece la base operativa y abre posibilidades para efectos financieros que necesitan mayor evolución para consolidarse.

El análisis de la investigación revela que lo ecológico requiere una importancia al sumar la productividad. La deducción de costos se transforma en el vínculo principal entre las acciones ecológicas y los resultados económicos, lo que relaciona esta vivencia con métodos de ecoeficiencia. Bajo este contexto, el enfoque se centra en los beneficios económicos inmediatos, mientras que una perspectiva más amplia de sostenibilidad pierde relevancia. La contabilidad ambiental se usa con mayor frecuencia como un recurso para monitorear gastos que como ayuda en la planificación o formulación de decisiones estratégicas. Se observa dentro del análisis inferencial restricciones de la evaluación y medida de la información sobre el medio ambiente. El sobre uso de papel muestra hábitos establecidos que todavía no han sido sustituidos por métodos digitales. Este elemento muestra los obstáculos relacionados con la cultura en las organizaciones y la administración del cambio. La falta de guías avanzadas y directrices impide que la información ambiental desempeñe un papel fundamental en la gestión, limitando su contribución en la planeación financiera.

Los resultados evidencian que se necesita mejorar la contabilidad ambiental en el marco del sistema contable. La colocación de indicadores y la utilización de tecnologías digitales aumentarían su efectividad. La formación del personal, realizando técnica en equipo y la inclusión de estos aspectos en la planificación organizacional facilitarían el avance hacia una gestión más armónica donde lo económico, lo ecológico se conecten, tengan un enfoque más amplio y se asistan con decisiones.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 50-71

DOI:
https://doi.org/10.56519/6pq14046
Agosto 2026

DISCUSIÓN

Al sintetizar hallazgos entre el ámbito empresarial general y la gestión cooperativa se establece que el uso de contabilidad ambiental ya no se constituye sólo en una carga administrativa, sino proviene del éxito económico. Esta sinergia positiva indica que poder detectar los costes de la ecología permitirá optimizar el uso de recursos y corregir los gastos de operación. La contabilidad ambiental ha dejado de ser una cuestión puramente ética para erigirse como un motor directo de rentabilidad y eficiencia en los procesos productivos, donde la sostenibilidad y el beneficio económico actúan como dimensiones complementarias (19). La ecología a los estados financieros, no sólo robustece el marco teórico contable, sino que ofrece una guía para que dichas decisiones sean adecuadas para asegurar el valor de la entidad en el largo plazo (20).

Sin embargo, los resultados empíricos de la investigación en las 17 cooperativas de ahorro y crédito de Ambato refutan abiertamente esta postura teórica, al demostrar estadísticamente la ausencia de una relación significativa entre la gestión ambiental y los indicadores de rentabilidad financiera tradicionales (ROA y ROE).

Este contraste con la literatura previa encuentra su explicación en las condiciones regulatorias propias y la estructura de mercado del sector cooperativo ecuatoriano. En el Ecuador, la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria (SEPS) y la legislación vigente imponen estructuras de costos fijos y regulaciones de tasas que frenan el beneficio directo a corto plazo de la eficiencia operativa en la rentabilidad. Así, aunque las cooperativas de Ambato logren optimizar gastos de funcionamiento mediante la gestión de recursos, este ahorro de costes no tiene un efecto proporcional sobre el ROA o ROE.

La eficiencia interna logra fundamentar la base de la operación, pero su impacto financiero final y se neutraliza por a la rigidez normativa, la falta de incentivos fiscales directos para la contabilidad verde y una frágil articulación estratégica que conecte el ahorro ambiental con la generación de valor financiero (21).

A esta limitación de mercado se suma el problema estructural del "perfil" del contador tradicional. Bajo el marco de las Normas Internacionales de Información Financiera (NIIF) aplicadas en el contexto nacional, los hechos socioambientales siguen sin estar estandarizados ni visibilizados formalmente en los balances.

En este contexto, se evidencia un fenómeno de neutralización del ahorro operativo, aunque las empresas logren optimizar recursos internos mediante prácticas de contabilidad ambiental como: un mejor control de recursos naturales o la optimización de consumos, este ahorro no se traduce en un incremento significativo del Rendimiento sobre los Activos (ROA). Esto ocurre principalmente porque las tasas de interés activas y pasivas se encuentran fuertemente reguladas por el Banco Central del Ecuador (BCE).

Dichas regulaciones fijan márgenes reducidos y poco flexibles entre las tasas de captación y colocación de recursos, lo que limita la capacidad de las empresas para capitalizar financieramente sus eficiencias operativas. En otras palabras, aunque se

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 50-71

DOI:
https://doi.org/10.56519/6pq14046
Agosto 2026

reduzcan costos operativos mediante una gestión ambiental más eficiente, el bajo diferencial de tasas de interés impide que estos ahorros se conviertan en mayor rentabilidad financiera, neutralizando el impacto positivo esperado sobre el rendimiento de los activos.

La distancia explicativa para la implementación efectiva de la contabilidad ambiental en Ambato no es el desinterés de las gerencias, sino la carencia de políticas internas de vanguardia y la falta de formación técnica específica en finanzas sostenibles. Aun así, persiste el problema de transformar el habitual "perfil" del contador, el que tradicionalmente, por muchas normas hacia las que giran los informes, entre ellas, las Normas Internacionales de Información Financiera (NIIF), siguen sin tener estandarizados los hechos o acontecimientos sociales y ambientales. De hecho, parece ser que la distancia explicativa para la implementación de la contabilidad ambiental no es el desinterés, sino por la carencia de los tipos de políticas internas o la formación técnica específica sobre la cuestión ambiental.

Por consiguiente, la información sobre impactos sociales y ambientales, si bien contribuye a la transparencia, la reputación institucional y la viabilidad a largo plazo en un entorno cada vez más exigente y competitivo, no logra materializarse plenamente en indicadores financieros tradicionales debido a estas restricciones estructurales del sistema financiero ecuatoriano (23).

La coincidencia de estos trabajos indica que la contabilidad ambiental ha dejado de lado lo que se expresa como un registro técnico para convertirse en un espacio de disputa estratégica y política: en el ámbito cooperativo se le reconoce como generador de rentabilidad y eficiencia operativa y en el campo social constituye una herramienta de resistencia conocida como contra cuentas, puestas en práctica por respecto a lo que serían los movimientos sociales en lo que se refiere al cuestionamiento de las informaciones oficiales y a la incapacidad de los daños territoriales.

La muestra de inclusión de métricas ambientales no solo responde a parámetros de mejora del resultado financiero, sino que responde a un pedido ético de transparencia (18).

La integración de resultados pone de manifiesto que la contabilidad ambiental ya no se sujeta a ser un registro puramente técnico, sino que se transforma en el núcleo de la legitimidad política y de la eficiencia de la operación. Pero, se genera una alineación clave, a pesar de que las cooperativas y las empresas medianas optimizan los gastos de funcionamiento a partir de la gestión de recursos, el ahorro de costes no tiene un efecto proporcional sobre el ROA o ROE, lo que sugiere que los progresos en la eficiencia interna contribuyen a fundamentar la base de la operación, pero su impacto financiero se diluye debido a la falta de articulación estratégica y la rigidez de las normas (21).

El impulso para utilizar "contracuentas" y así dar visibilidad a los impactos territoriales también da cuenta de que la sostenibilidad no debe considerarse un peso muerto, sino un beneficio administrativo que resguarda la reputación como frente a mercados críticos. El reto consiste en cambiar la contabilidad ambiental de una herramienta de

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 50-71

DOI:
https://doi.org/10.56519/6pq14046
Agosto 2026

control de insumos básicos a una herramienta de generación de valor. Únicamente a partir de la capacitación técnica existe la posibilidad de convertir la resiliencia operativa en resiliencia financiera medible, de acuerdo con la responsabilidad democrática de la organización.

CONCLUSIONES

El impulso de la gestión operativa y la toma de decisiones internas a través de la contabilidad ambiental no se traduce en una mejora directa de la rentabilidad financiera en las cooperativas estudiadas. Las conexiones positivas entre el control de los recursos naturales y el uso datos ambientales para decisiones estratégicas para la optimización de recursos no se transportan a los indicadores de rendimiento de activos y patrimonio. Este hallazgo muestra y refuta la hipótesis inicial y muestra que la eficiencia interna formada por prácticas ambientales aún no se muestra en resultados financieros medibles. Bajo esta perspectiva, la sostenibilidad tiene a ser un conjunto de trabajos independientes que, como un enfoque global, ya que el bienestar laboral y la inversión social son indicados en los informes sin una conexión real con la gestión financiera. Esta falta de articulación frecuenta en el área ambiental, donde las mediciones de energía y emisiones de CO2 se lleva a cabo sin criterios claros y de forma irregular, lo que dificulta que los registros contables muestren un verdadero control sobre los recursos naturales. En síntesis, mientras esta información siga fragmentada y carezca de continuidad, no podrán ser incorporadas en la toma de decisiones en el área ambiental ni social, limitando a la sostenibilidad reducida a acciones puntuales que pierden notabilidad de confianza y estratégica.

La ética en contabilidad, que se manifiesta en la creación de datos financieros, no se convierte en una métrica ecológica la cual respalda una planificación estratégica Actualmente, el enfoque ecológico permite reducir el uso de insumos básicos a través de su supervisión, sin relacionarlo con procesos de decisión financiera a largo plazo. Esta falta de coherencia entre el principio ético y operaciones diarias pone de manifiesto una oportunidad de mejora en la consistencia de los métodos utilizados.

La contabilidad ambiental en las cooperativas del Ecuador se utiliza como un medio para fomentar la eficiencia a corto plazo y los gastos, no como un propulsor de la rentabilidad. A fin de que esta práctica tenga impacto financiero, es necesario, capacitar al personal en gestión sostenible, desarrollar indicadores ambientales vinculados a los estados financieros y sustituir procesos manuales por sistemas digitales. Este cambio permitiría que la contabilidad ambiental se convierta en un gran apoyo para la toma de decisiones estratégicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. García C, Herrero B, Miralles J,Miralles M. Exploring the determinants of corporate green bond issuance and its environmental implication: The role of corporate

board . Rev Technol. Forecast Soc Change. 2023;(189):2-12. Disponible en: doi:https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122379

2. Ortíz P, Haydeé K. Responsabilidad social como motor de la sostenibilidad en economías emergentes. Rev Cienc Soc.2025; 31(1):107-119. Disponible en: https://doi.org/10.31876/rcs.v31i1.43488
3. Rubio G, Hernández L, Bermeo K, Meneses N. Análisis de las normas internacionales de información financiera y su relación con la responsabilidad social empresarial. Rev Econ Polít.2020;(31): 31-157. Disponible en: doi:https://doi.org/10.25097/rep.n31.2020.08
4. González A. Contabilidad ambiental: desarrollo sostenible y responsabilidad empresarial. Rev Contab Ambient. 2022:195-210. doi:https://doi.org/10.7476/9789978108178.0011
5. Corredor A. Importancia de los reportes de sostenibilidad en la gestión del revisor fiscal. Rev. Cubana Contab Finanz, 2024;18(2):1-13. Disponible en: https://revistas.uh.cu/cofinhab/article/view/10413
6. Sarmiento A, Orellana D, Perez P. La contabilidad ambiental en empresas industriales de línea blanca en la provincia del Azuay-Ecuador. Rev nterdiscip Human Educ Cienc Tecnol.2020; 6(2):370-396. Disponible en: doi:DOI 10.35381/cm.v6i2.370
7. García V. Valores, principios, fines e interpretación constitucional. Rev Derecho y Soc.2003;21(2003):190-209. Disponible en: doi:https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechoysociedad/article/view/17370/17654
8. Franco C. & Velásquez, F. Cómo mejorar la eficiencia operativa utilizando el trabajo en equipo. Rev Estud Gerenc.2000;(76):27-35. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21207602
9. Sarmiento B, Puquio A, García N, Bringas I, Ruiz K. Ética empresarial y responsabilidad social en las Mypes en el Perú. Rev Lider. 2023;(18): 15-25. Disponible en: https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/revistalidera/article/view/28545
10. Gaytán J. Indicadores financieros y económicos. Rev Merc Neg.2019;(39):161-172. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=571860887009
11. Ramos E, Delgado S, Ortíz V, Arbulú M. La rentabilidad financiera de las empresas en tiempos de pandemia: una revisión sistemática. Cofin Habana.2024;18(1): 1-13. Disponible en: https://revistas.uh.cu/cofinhab/article/view/9939
12. Conforme M, Zambrano J. Análisis de la estrutura de capital en el apalancamiento financiero de las empresas farmaceúticas de Guayaquil, Ecuador.Rev Univ Soc, 2023;15(2): 467-474. Disponible en: https://www.uteg.edu.ec/wp-content/uploads/2023/09/04_art.2023.pdf
13. León, G, Romero E. Gestión operativa y su impacto en la eficiencia de la Coordinación de Servicios de Atención al Ciudadano IESS Manabí. Rev Cient.2023;8(2):150-177. Disponible en: 10.23857/pc.v8i2
14. Nuñez L, Alfaro J, Aguado A, González E. Toma de decisiones estratégicas en empresas: Innovación y competitividad. Rev Venez GerenC.2023;28(9):628-641. Disponible en: doi:https://doi.org/10.52080/rvgluz.28.e9.39

15. Villegas, D., Vilca, A., Saavedra, P., Felices, L., Baños, N., Ortiz, A., . . . Acosta, S. (2023). Los paradigmas de investigación en las Ciencias Sociales. Maracaibo: INDICAP Pacífico. 2023: 62-79. Maracaibo: INDICAP Pacífico. doi:https://doi.org/10.53595/eip.007.2023.ch.4
16. Herrera J, Calero J, González M, Collazo M, Travieso Y. El método de consulta a expertos en tres niveles de validación. ReV Habanera Cienc Med.2022;1:11-18. Disponible en: https://www.redalyc.org/journal/1804/180473621013/html/
17. Superintendencia de Economía Popular y Solidaria (SEPS). Actualización de registro de directivos de organizaciones de la economía popular y solidaria. 2025. Disponible en: https://www.gob.ec/seps/tramites/actualizacion-registro-directivos-organizaciones-economia-popular-solidaria
18. Cabrera A, Quinche F. Movimientos sociales y contabilidad social y ambiental: el rol de las contracuentas como ejercicio de la crítica. Rev Innor, 2023;31(82): 125-144. Disponible en: doi:https://doi.org/10.15446/innovar.v31n82.98428
19. García D, Tapia B, Aguilar A. Relación Entre el uso de la Contabilidad Ambiental y el Desempeño Financiero de la Empresa. Rev Eur Sci J.2023;19(37):143-157. Disponible en: doi:https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n37p143
20. Hennings J, Yaguache D. La gestión financiera como factor de la rentabilidad en las cooperativas de ahorro y crédito del Ecuador 2016-2020. Rev Mundo Investig Conoc.2021;5(4): 356-371. doi:10.26820/recimundo/5.(4).dic.2021.356-371
21. Escobar J, Martinez A. Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. Rev Avan Medi, 2008;(6):27-36. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/302438451_Validez_de_contenido_y_juicio_de_expertos_Una_aproximacion_a_su_utilizacion
22. Acosta S, Romero C, Villalba A. Prácticas Contables con Enfoque Social y Ambiental. Cienc Lat Rev Cient Multidiscip, 2023;7(5):2797-2816. Disponible en: doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.7920

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 50-71

DOI:
https://doi.org/10.56519/6pq14046
Agosto 2026

Anexo 1

	Edad	Género:	Nivel de estudios:	Cargo que desempeña en la cooperativa:	Años de experiencia en la cooperativa:	¿Su cooperativa registra contablemente los impactos ambientales de sus operaciones?	¿Se realiza la medición de emisiones de CO_2 y consumo energético?	¿Se lleva un control contable de los recursos naturales utilizados por la cooperativa?
Válido	17	17	17	17	17	17	17	17
Ausente	0	0	0	0	0	0	0	0
Media (Aritmética)	2.647	1.588	3.353	1.941	2.176	1.647	1.882	1.882
Desviación típica	1.057	0.507	0.493	0.556	1.131	0.862	0.928	0.928
Shapiro-Wilk	0.852	0.632	0.611	0.732	0.845	0.742	0.833	0.739
Valor P de Shapiro-Wilk	.011	< .001	< .001	< .001	.009	< .001	.006	< .001
Mínimo	1.000	1.000	3.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Máximo	4.000	2.000	4.000	3.000	4.000	4.000	4.000	3.000

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 50-71

DOI:
https://doi.org/10.56519/6pq14046
Agosto 2026

	¿Se registran las inversiones sociales realizadas por la cooperativa?	¿Se incluye información sobre bienestar laboral en los informes contables?	¿La cooperativa incorpora criterios sociales en sus reportes financieros?	¿Se evalúa el desempeño financiero considerando criterios de sostenibilidad?	¿Se integran criterios de sostenibilidad en la rentabilidad y planificación financiera?	¿La cooperativa realiza una asignación eficiente de recursos considerando impactos ambientales?
Válido	17	17	17	17	17	17
Ausente	0	0	0	0	0	0
Media (Aritmética)	1.471	1.941	1.647	1.412	1.412	1.765
Desviación típica	0.514	1.029	0.786	0.618	0.618	0.664
Shapiro-Wilk	0.642	0.802	0.752	0.678	0.678	0.792
Valor P de Shapiro-Wilk	< .001	.002	< .001	< .001	< .001	.002
Mínimo	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Máximo	2.000	4.000	3.000	3.000	3.000	3.000

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 50-71

DOI:
https://doi.org/10.56519/6pq14046
Agosto 2026

	¿Se aplican principios éticos en la elaboración de la información contable?	¿Existe un código de ética que guíe las prácticas contables y ambientales de la cooperativa?	¿La cooperativa cumple con normativas financieras y ambientales vigentes?	¿Cómo evalúa la rentabilidad de la cooperativa sobre activos (ROA) y patrimonio (ROE)?	¿La cooperativa optimiza sus recursos y costos considerando criterios ambientales?	¿La información ambiental influye en las decisiones estratégicas y en la planificación financiera?
Válido	17	17	17	17	17	15
Ausente	0	0	0	0	0	2
Media (Aritmética)	1.471	1.588	1.471	2.176	1.765	1.933
Desviación típica	0.624	1.004	0.624	0.951	0.752	0.799
Shapiro-Wilk	0.714	0.631	0.714	0.865	0.709	0.782
Valor P de Shapiro-Wilk	< .001	< .001	< .001	.018	< .001	.002
Mínimo	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Máximo	3.000	4.000	3.000	4.000	4.000	4.000

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 72-92

DOI:
https://doi.org/10.56519/f1xp0694
Agosto 2026

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA ESCALERA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL MANUAL DE PELDAÑOS PLANOS PARA REDUCIR LA FATIGA FÍSICA EN LA FUNDACIÓN ECOSUR - ECUADOR

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A MANUAL INDUSTRIAL SAFETY LADDER WITH FLAT STEPS TO REDUCE PHYSICAL FATIGUE AT FUNDACIÓN ECOSUR - ECUADOR

Bryan Hernán Pilaluisa Pabón[1], Marlon Danilo Basantes Valverde[2]

{bryan.pilaluisa@unach.edu.ec[1], mbasantes@unach.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 09/07/2026 / Fecha de aceptación: 06/08/2026 / Fecha de publicación: 25/08/2026

RESUMEN: El presente trabajo describe el diseño y construcción de una escalera de seguridad industrial manual de peldaños planos, desarrollada para el Departamento de Reconstrucción de Vivienda de la Fundación EcoSur - Ecuador, con sede en Riobamba, en el marco del "Proyecto de Mejoramiento de la Calidad de Vida de los Sectores más Vulnerables". El diseño tomó como referencia el modelo KENDO TOOLS, bajo los requisitos de la norma europea EN 131, integrando principios ergonómicos orientados a minimizar el estrés físico en piernas y espalda. Se priorizó el uso de materiales de larga vida útil y bajo peso, optimizando la movilidad, transporte y versatilidad en entornos de construcción, respetando los más altos estándares de calidad conforme al Control Estadístico 6 Sigma. La investigación se orientó a determinar cómo afecta el diseño y construcción de esta escalera en la reducción de la fatiga física y la mejora de la seguridad laboral dentro del sector de la construcción. Se establecieron tres objetivos específicos: diseñar la escalera mediante software CAD para determinar los parámetros geométricos más adecuados; construir el prototipo con base en el diseño CAD y una simulación tensodeformacional; y validar el producto mediante un análisis estadístico multivariado y un control de calidad 6 Sigma, con la elaboración de un manual técnico de uso y mantenimiento. La implementación de la escalera en los sitios de intervención de la Fundación EcoSur arrojó resultados altamente favorables, evidenciando mejoras en el bienestar general del trabajador, reducción del ausentismo por fatiga, incremento de la productividad y disminución de accidentes e incidentes laborales, tanto en Riobamba como en las demás localidades donde se desarrollan los proyectos en ejecución.

Palabras clave: ergonomía, seguridad industrial, peldaños planos, construcción, bienestar.

[1]Universidad Nacional de Chimborazo, (UNACH) Dirección de Posgrado, Programa de Maestría en Seguridad Industrial Mención Prevención de Riesgos Laborales, https://orcid.org/0009-0007-2364-0421.
[2]Universidad Nacional de Chimborazo, (UNACH) Facultad de Ciencias, Escuela de Telecomunicaciones, Grupo de Investigación GI(CT)2I, https://orcid.org/0000-0001-6011-1659.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 72-92
DOI: https://doi.org/10.56519/f1xp0694
Agosto 2026

ABSTRACT: This paper describes the design and construction of a manual flat-rung industrial safety ladder, developed for the Housing Reconstruction Department of the EcoSur - Ecuador Foundation, headquartered in Riobamba, within the framework of the "Project for Improving the Quality of Life of the Most Vulnerable Sectors." The design was based on the KENDO TOOLS model, following the requirements of European standard EN 131, and incorporated ergonomic principles aimed at minimizing physical stress on the legs and back. Priority was given to the use of long-lasting, lightweight materials, optimizing mobility, transportation, and versatility in construction environments, while meeting the highest quality standards in accordance with 6 Sigma Statistical Process Control. The research sought to determine how the design and construction of this ladder affects the reduction of physical fatigue and the improvement of occupational safety within the construction sector. The alternative hypothesis proposed that the use of the ladder significantly reduces physical fatigue among workers compared to a conventional ladder. To verify this, three specific objectives were established: to design the ladder using CAD software in order to determine the most suitable geometric parameters; to build the prototype based on the CAD design and a stress-strain simulation; and to validate the product through a multivariate statistical analysis and 6 Sigma quality control, along with the development of a technical manual for use and maintenance. The implementation of the ladder at EcoSur Foundation intervention sites yielded highly favorable results, evidencing improvements in workers' overall well-being, reduced absenteeism due to fatigue, increased productivity, and a decrease in occupational accidents and incidents, both in Riobamba and in the other localities where ongoing projects are being carried out.

Keywords: ergonomics, industrial safety, flat rungs, construction, well-being

INTRODUCCIÓN

La seguridad industrial constituye una disciplina técnica orientada a identificar, evaluar y controlar los riesgos laborales con el propósito de prevenir accidentes y enfermedades profesionales. Su evolución histórica ha transitado desde enfoques correctivos hacia modelos de prevención sistemática, respaldados por organismos internacionales de referencia como la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) y la Organización Internacional de Normalización (ISO). A pesar de estos avances, cada año se documentan cientos de miles de muertes por accidentes laborales a escala mundial, cifra que pone de manifiesto la persistente necesidad de disponer de sistemas sólidos de gestión en seguridad y salud en el trabajo, particularmente en sectores de alto riesgo como la construcción y la reconstrucción de vivienda.

En el contexto ecuatoriano, la seguridad y salud en el trabajo se encuentra regulada por el Decreto Ejecutivo N.º 255 del 2 de mayo de 2024, el cual fortalece el marco normativo vigente junto con el Código del Trabajo, la Decisión 584 del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo, y las resoluciones del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS). Este marco normativo clasifica los riesgos laborales en seis categorías: físicos, químicos, biológicos, de seguridad,

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 72-92
DOI: https://doi.org/10.56519/f1xp0694
Agosto 2026

ergonómicos y psicosociales. Para su gestión, la norma ISO 45001 propone una jerarquía de controles de cinco niveles que comprende la eliminación, la sustitución, los controles de ingeniería, los controles administrativos y el uso de equipos de protección personal. Sin embargo, la aplicación efectiva de estos principios en entidades de pequeña escala dedicadas a la reconstrucción social sigue siendo limitada.

La Fundación EcoSur - Ecuador, con sede en la ciudad de Riobamba, desarrolla desde el año 2007 proyectos orientados al mejoramiento de la calidad de vivienda en sectores vulnerables. La institución cuenta con un departamento especializado en la reconstrucción de vivienda, conformado por diez trabajadores, cuya labor se enfoca en la rehabilitación estructural y funcional de viviendas para elevar las condiciones de habitabilidad y bienestar social. No obstante, se evidencia una limitada implementación de normas de prevención de riesgos laborales en dicho departamento, así como el uso de equipos de trabajo rudimentarios e improvisados. Uno de los principales problemas identificados es el desconocimiento técnico en materia de seguridad industrial y la construcción y utilización de equipos como escaleras y andamios, lo que genera la urgencia de implementar soluciones innovadoras que prioricen la seguridad y el bienestar del trabajador.

En la industria de la reconstrucción, un inconveniente recurrente es la fatiga física de los trabajadores, originada por las exigencias físicas intensivas y el uso prolongado de equipos inadecuados. El uso de escaleras con peldaños tradicionales de tubo circular genera un impacto negativo en la productividad, la seguridad y el bienestar de los operarios, dado que estos peldaños no ofrecen una superficie estable ni ergonómica. Este hecho incrementa el esfuerzo necesario para mantener el equilibrio y, en consecuencia, eleva la presión sobre puntos específicos del cuerpo, aumentando el riesgo de accidentes laborales. A largo plazo, el uso de estos equipos puede derivar en enfermedades ocupacionales como los trastornos musculoesqueléticos en extremidades inferiores.

Frente a esta problemática, el principio fundamental de la ergonomía establece que se debe adaptar el trabajo al trabajador y no el trabajador al trabajo. En este sentido, la intervención técnica del presente proyecto se orienta hacia el rediseño del equipo de trabajo —la escalera— y no hacia acciones que involucren directamente a los trabajadores de la reconstrucción. La literatura especializada en ergonomía aplicada a equipos de acceso vertical señala que el diseño de peldaños planos, superficies antideslizantes y dimensiones geométricas ajustadas a parámetros antropométricos permite distribuir uniformemente la presión sobre el pie del trabajador, reduciendo significativamente la fatiga física y el riesgo de caídas. Estudios como los de Chaffin et al. y Karwowski han documentado que la geometría del peldaño es una de las variables de mayor incidencia en la carga biomecánica del miembro inferior durante el ascenso y descenso en altura. En este marco, la norma europea EN 131 establece los criterios técnicos de referencia para el diseño de escaleras manuales seguras, siendo aplicable al presente estudio como base normativa de diseño.

En términos metodológicos, estudios previos en el ámbito de la seguridad industrial y el diseño de equipos de trabajo han demostrado la utilidad de combinar el modelado asistido por

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 72-92
DOI: https://doi.org/10.56519/f1xp0694
Agosto 2026

computadora (CAD), el análisis por elementos finitos (FEA) y las metodologías de control de calidad como Seis Sigma para validar el desempeño de prototipos antes de su implementación. Asimismo, el método REBA (Rapid Entire Body Assessment) ha sido ampliamente utilizado para evaluar la carga postural en tareas que implican el uso de equipos de acceso en altura, constituyendo un instrumento válido para comparar el desempeño ergonómico entre equipos convencionales y propuestos. En función de la frecuencia de uso en los proyectos de reconstrucción, se ha seleccionado la escalera como objeto prioritario de intervención técnica por encima de otros equipos de acceso como los andamios, cuya instalación implica mayor complejidad logística y estructural.

En este contexto, la presente investigación plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿cómo afecta el diseño y construcción de una escalera de seguridad industrial manual de peldaños planos en la reducción de la fatiga física y la mejora de la seguridad laboral en el sector de la construcción dentro de la Fundación EcoSur - Ecuador? Como respuesta tentativa, se formula la hipótesis alternativa de que el uso de la escalera propuesta reduce significativamente la fatiga física de los trabajadores del Departamento de Reconstrucción de Vivienda en comparación con una escalera convencional. Para verificar esta hipótesis, se definen los siguientes objetivos específicos: (i) diseñar la escalera mediante software CAD para la determinación de los parámetros geométricos más adecuados; (ii) construir el prototipo con base en el diseño CAD y en una simulación tensodeformacional; y (iii) validar la escalera mediante un análisis estadístico multivariado y un control de calidad 6 Sigma, con la posterior elaboración de un manual técnico de uso y mantenimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio adoptó un enfoque cuantitativo de tipo experimental, con diseño controlado y aleatorizado, orientado a evaluar el efecto de una escalera de seguridad industrial manual de peldaños planos en la reducción de fatiga física (1). Se trató de un ensayo prospectivo con grupo control (escalera convencional de peldaños circulares) y grupo experimental (escalera propuesta), siguiendo un esquema de medidas repetidas en el mismo sujeto (2). El nivel de investigación fue explicativo, con modalidad deductiva (3).

La población estuvo constituida por los 10 trabajadores del Departamento de Reconstrucción de Vivienda de la Fundación EcoSur - Ecuador, sede Riobamba (edad media 40.6 años, masa media 66.6 kg) (4). Se utilizó muestreo censal (N=10), con asignación aleatoria del orden de uso de las escaleras. El estudio se desarrolló en el contexto real de obra en la parroquia El Altar y zonas aledañas, provincia de Chimborazo, Ecuador, en condiciones socioeconómicas de sectores vulnerables y altitudes aproximadas de 2488 msnm (5).

Las intervenciones consistieron en el uso estandarizado de ambas escaleras durante 15 minutos por sesión, replicando actividades reales de reconstrucción (4). La escalera propuesta se diseñó en AutoCAD versión demo 2026 con peldaños planos de 0.150 m de ancho × 0.400 m de largo (aluminio 6063-T5), separación de 0.280 m y ángulo de inclinación de 75.5°. Su construcción siguió

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 72-92
DOI:
https://doi.org/10.56519/f1xp0694
Agosto 2026

la norma EN 131 y ANSI A14.2 (6,7). Se realizó análisis de elementos finitos en Autodesk Inventor versión demo 2026 para validar esfuerzos Von Mises, desplazamiento y factor de seguridad.

Se midieron variables antropométricas (Figura 1) (8) y pruebas fisiológicas: salto vertical, ritmo cardíaco, presión sistólica y sentadilla estática.

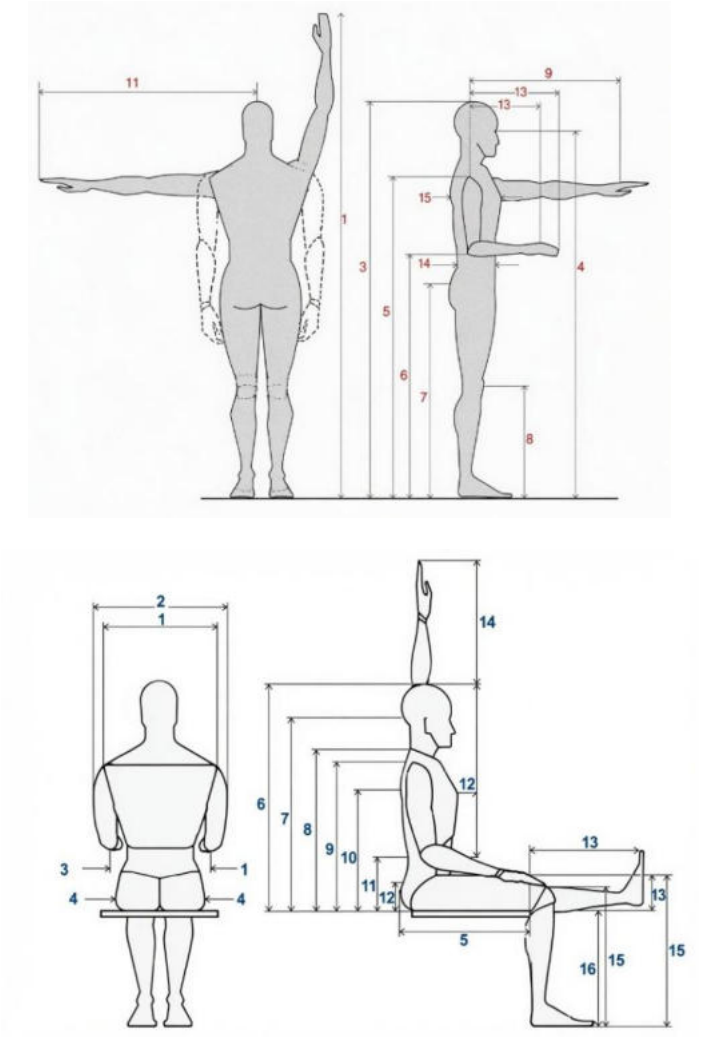


Figura 1. Medidas antropométricas.

Fuente: (8).

Cada prueba se realizó durante 60 días en un lapso de 6 meses. Se aplicó metodología REBA para evaluación ergonómica (8) y Control Estadístico de Calidad 6 Sigma (9) cuyo punto de partida se muestra en la Tabla 1.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 72-92
DOI: https://doi.org/10.56519/f1xp0694
Agosto 2026

Tabla 1. Criterios de calidad de la escalera propuesta.

Ítem	Criterio de calidad	Calificación
1	Material de Construcción	9.3
2	Distancia entre Peldaños	9.1
3	Forma y superficie del peldaño	9.2
4	Capacidad de carga	9.2
5	Ángulo de inclinación	9.3
6	Largueros	9.3
7	Confort ergonómico	9.4
8	Anclaje	9.5
9	Estado	9.5
10	Certificación	9.6

El análisis estadístico se efectuó en Wolfram Mathematica versión 14.3 (10). Se verificó normalidad mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para datos normales se utilizó prueba T de Student; para no normales, Wilcoxon. El análisis 6 Sigma incluyó Cp, Cpk, DPMO y nivel sigma según las Ecuaciones 1-7 (11, 12). Todos los procedimientos siguieron principios normativos establecidos en el Decreto Ejecutivo 255 y la ISO 45001 (13,14).

$$Cp = \frac{ES - EI}{6\sigma} \quad (1)$$

$$Cpi = \frac{\mu - EI}{3\sigma} \quad (2)$$

$$Cps = \frac{ES - \mu}{3\sigma} \quad (3)$$

$$Cpk = Mínimo[\frac{\mu - EI}{3\sigma}, \frac{ES - \mu}{3\sigma}] \quad (4)$$

$$PPM = exp[\frac{29.37 - (Z - 0.8406)^2}{2.221}] \quad (5)$$

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 72-92

DOI:
https://doi.org/10.56519/f1xp0694
Agosto 2026

$$sigmalevel = 3(Cpk) + 1.5 \quad (6)$$

$$Z = 0.8406 + \sqrt{29.37 - 2.221\ x\ \ ln(PPM)} \quad (7)$$

Donde C_p es la capacidad del proceso, C_{pi} la capacidad inferior, C_{ps} la capacidad superior, C_{pk} la capacidad real, ES la especificación superior, EI la especificación inferior, μ la media del proceso, σla desviación estándar, PPM las partes por millón fuera de especificación y Z, $sigmalevel$ son el nivel de sigma.

RESULTADOS

En la población estudiada, conformada por 10 trabajadores, con una edad media de 40.6 años y masa corporal media de 66.6 kg, la escalera propuesta mostró mejoras consistentes y estadísticamente significativas en todos los indicadores de fatiga física respecto a la escalera convencional de peldaños circulares.

En el ensayo de salto vertical (Tabla 2, 3, Figura 2), la mediana del alcance aumentó de 2.575 m con la escalera convencional a 2.595 m con la escalera propuesta, representando una diferencia de 0.020 m. Esta mejora indica una mayor preservación de la potencia muscular en las extremidades inferiores. La prueba T de Student rechazó la hipótesis nula (p=0.0338), confirmando que la diferencia observada no se debe al azar.

Tabla 2. Conteo valores salto vertical escalera convencional.

Rango	Conteo
2.40-2.45	12
2.45-2.50	8
2.50-2.55	22
2.55-2.60	18
2.60-2.65	30
2.65-2.70	10

Tabla 3. Conteo valores salto vertical escalera propuesta.

Rango	Conteo
2.40-2.45	6
2.45-2.50	12
2.50-2.55	12
2.55-2.60	20
2.60-2.65	30
2.65-2.70	16
2.70-2.75	4

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 72-92

DOI:
https://doi.org/10.56519/f1xp0694
Agosto 2026

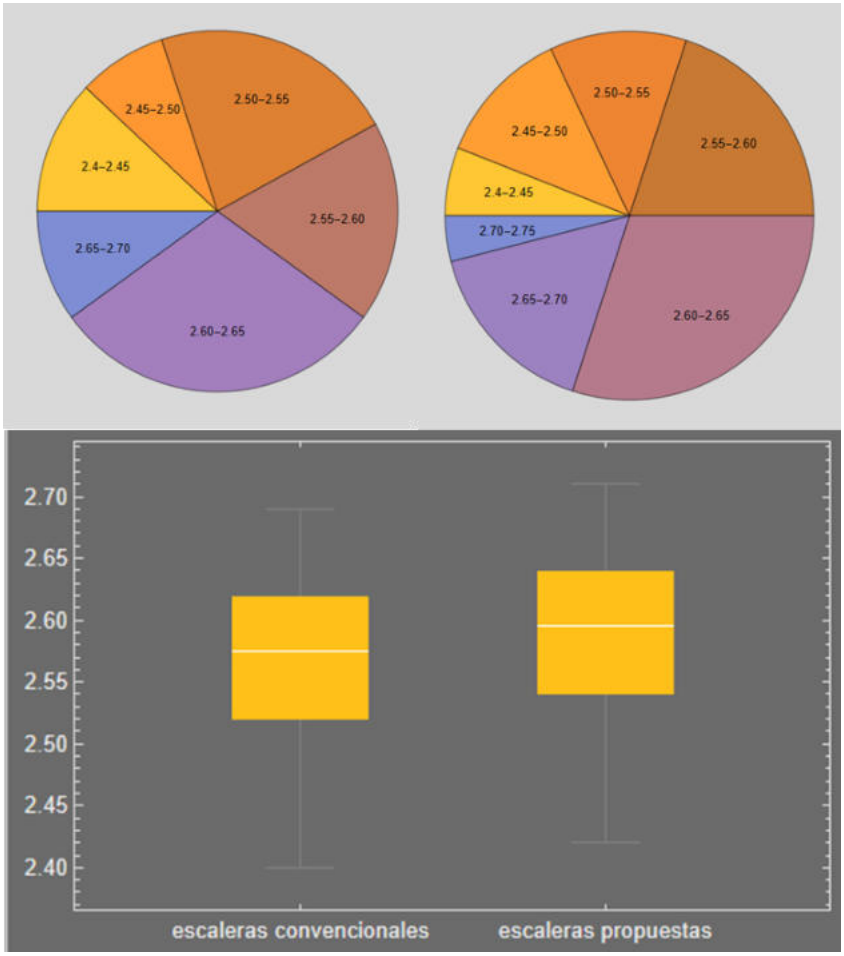


Figura 2. Diagramas del ensayo salto vertical.

Nota: *Los paneles superiores presentan diagramas de pastel para la escalera convencional (izquierda) y la propuesta (derecha). El panel inferior muestra la comparativa mediante diagramas de caja para ambas condiciones.*

Respecto al ritmo cardíaco (Tabla 4, 5, Figura 3), la mediana disminuyó de 83 a 80 lpm (diferencia de 3.4 lpm). Este resultado refleja una menor demanda cardiovascular durante el uso de la escalera de peldaños planos. La prueba Wilcoxon arrojó un p-valor de 4.31×10^{-20}, altamente significativo.

Tabla 4. Conteo valores ritmo cardíaco escalera convencional.

Rango	Conteo
74-76	1
76-78	7
78-80	10
80-82	19
82-84	17
84-86	15

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 72-92

DOI:
https://doi.org/10.56519/f1xp0694
Agosto 2026

86-88	19
88-90	11
90-92	1

Tabla 5. Conteo valores ritmo cardíaco escalera propuesta.

Rango	Conteo
72-74	4
74-76	9
76-78	16
78-80	19
80-82	20
82-84	17
84-86	12
86-88	3

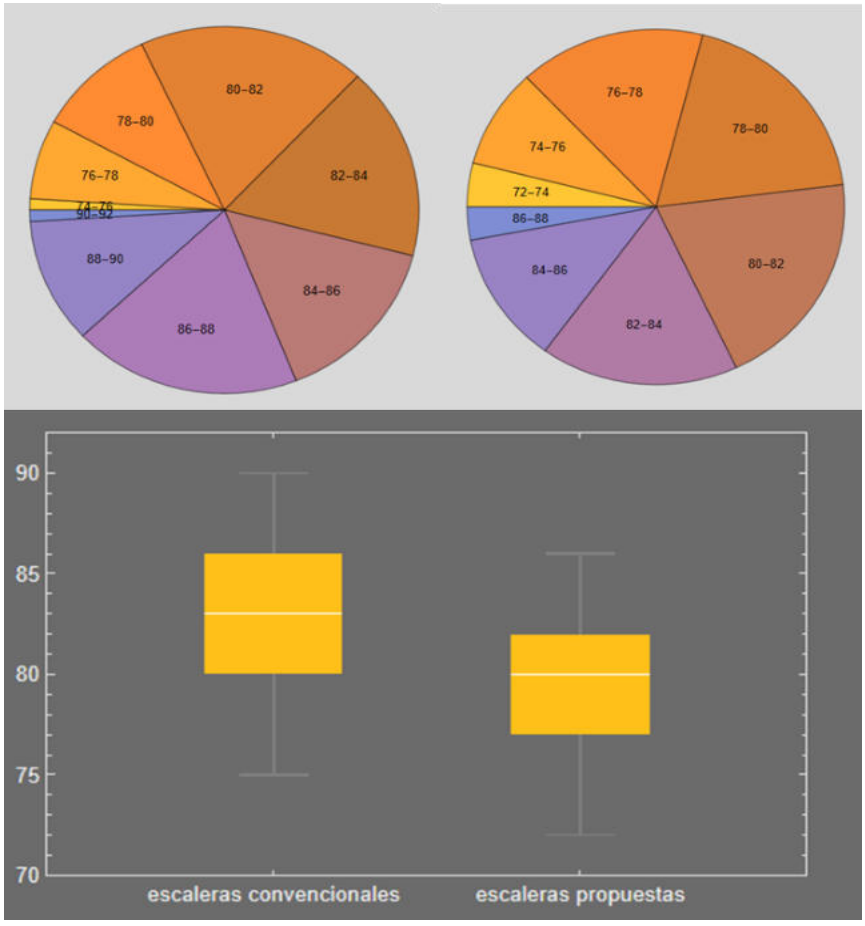


Figura 3. Diagramas del ensayo ritmo cardíaco.

Nota: *Los paneles superiores presentan diagramas de pastel para la escalera convencional (izquierda) y la propuesta (derecha). El panel inferior muestra la comparativa mediante diagramas de caja para ambas condiciones.*

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 72-92

DOI:
https://doi.org/10.56519/f1xp0694
Agosto 2026

En el ensayo de presión sistólica (Tabla 6, 7, Figura 4), la mediana bajó de 122 a 116 mmHg (diferencia de 6.02 mmHg). Esta reducción sugiere una menor sobrecarga hemodinámica asociada al esfuerzo físico. La prueba T de Student mostró un p-valor de 6.45×10^{-13}, confirmando la diferencia estadísticamente significativa.

Tabla 6. Conteo valores presión escalera convencional.

Rango	Conteo
110-115	11
115-120	26
120-125	30
125-130	23
130-135	10

Tabla 7. Conteo valores presión escalera propuesta.

Rango	Conteo
100-105	1
105-110	14
110-115	28
115-120	29
120-125	21
125-130	7

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 72-92

DOI:
https://doi.org/10.56519/f1xp0694
Agosto 2026

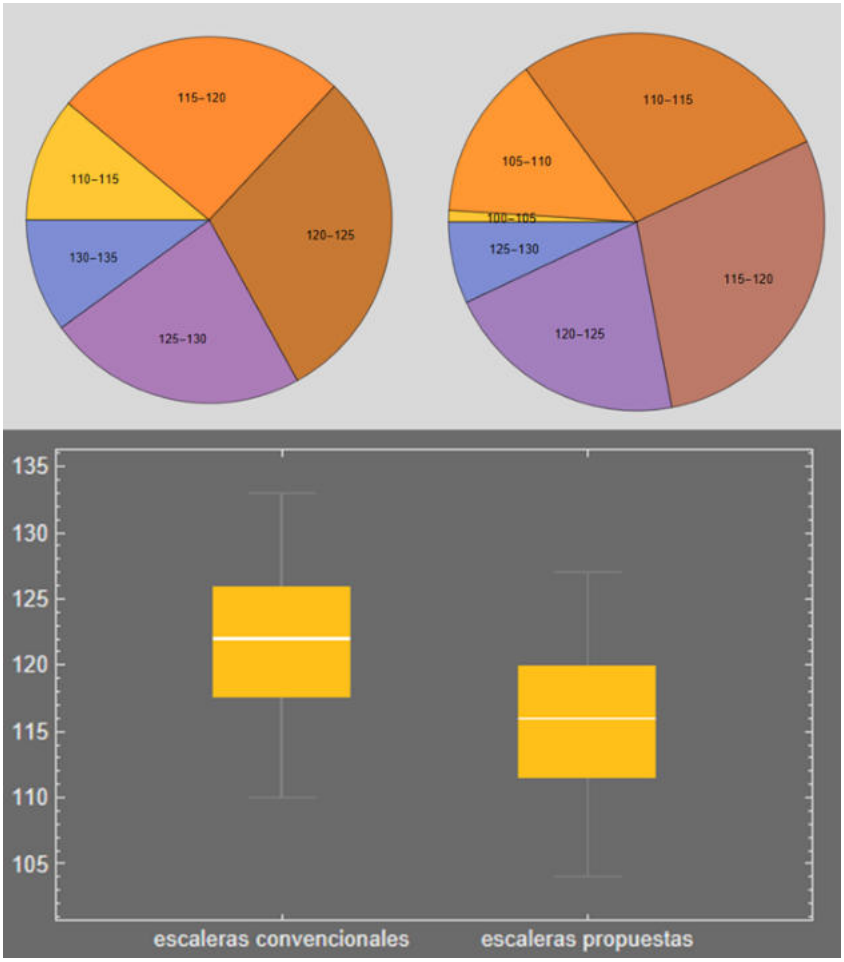


Figura 4. Diagramas del ensayo presión sistólica.

Nota: Los paneles superiores presentan diagramas de pastel para la escalera convencional (izquierda) y la propuesta (derecha). El panel inferior muestra la comparativa mediante diagramas de caja para ambas condiciones.

En la prueba de sentadilla estática (Tabla 8, 9, Figura 5), la mediana del tiempo de resistencia aumentó de 46 a 51 segundos (diferencia de 4.01 s). Este hallazgo evidencia una mejor preservación de la fuerza y resistencia muscular del tren inferior tras el uso de la escalera propuesta. La prueba Wilcoxon presentó un p-valor de 0.0 rechazando claramente la hipótesis nula.

Tabla 8. Conteo valores sentadilla escalera convencional.

Rango	Conteo
35-40	4
40-45	34
45-50	28
50-55	25
55-60	9

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 72-92

DOI:
https://doi.org/10.56519/f1xp0694
Agosto 2026

Tabla 9. Conteo valores sentadilla escalera propuesta.

Rango	Conteo
40-45	9
45-50	32
50-55	31
55-60	21
60-65	7

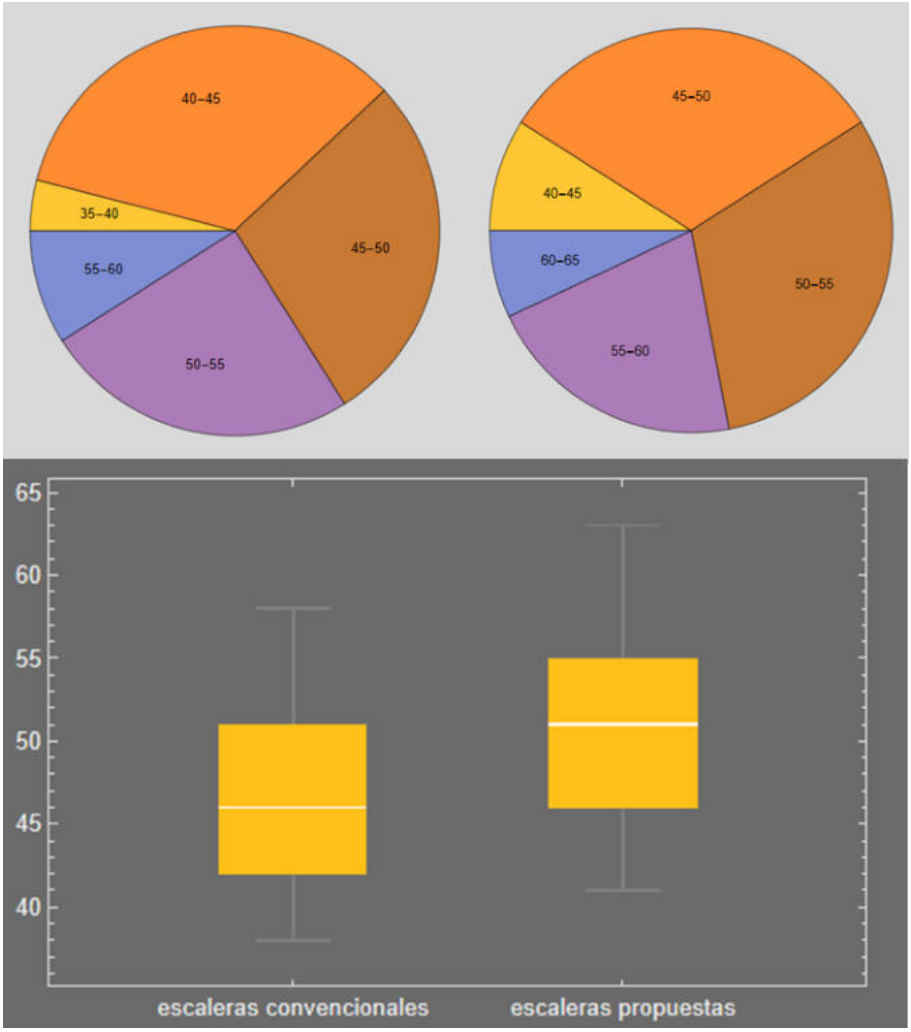


Figura 5. Diagramas del ensayo sentadilla estática.

Nota: Los paneles superiores presentan diagramas de pastel para la escalera convencional (izquierda) y la propuesta (derecha). El panel inferior muestra la comparativa mediante diagramas de caja para ambas condiciones.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 72-92

DOI:
https://doi.org/10.56519/f1xp0694
Agosto 2026

El análisis 6 Sigma realizado sobre diez criterios de calidad de la escalera propuesta (Tabla 1) arrojó una media de 9.34, con un índice de capacidad real (Cpk) de 1.39, defectos por millón de oportunidades (DPMO) de 14.3 y un nivel sigma de 5.68 (Tabla 10). Estos valores indican un excelente nivel de calidad y reproducibilidad del diseño. El análisis mostró una variación del 5.27% con respecto a la calidad 6 sigma.

Tabla 10 . Estadística base del análisis 6 sigma.

Estadístico	Significado	Valor
n	número de datos	10.0
LSL	límite inferior	7.00
USL	límite superior	10.0
T (nominal)	valor ideal	8.50
x	media	9.34
s^2	varianza	0.0249
s	desviación estándar	0.15
cv	coeficiente de variación	1.69%
Cp	capacidad potencial	3.17
Cpu	capacidad superior	1.39
Cpl	capacidad inferior	4.94
Cpk	capacidad real	1.39
Cpm	índice Taguchi	0.585
DPMO	defectos por millón	14.3
Z	Nivel de sigma	5.68

Fuente: (10).

El análisis de elementos finitos validó la seguridad estructural del prototipo. Para el peldaño individual se obtuvo un esfuerzo Von Mises máximo de 135.3 MPa, un desplazamiento máximo de 0.98 mm y un factor de seguridad de 2.03 (Figuras 6, 7, 8) (15). En el ensamble completo de la escalera, los valores fueron: esfuerzo Von Mises máximo de 35.98 MPa, desplazamiento máximo de 0.621 mm y factor de seguridad mínimo de 7.64 (Figuras 9, 10, 11) (15). Ambos superan ampliamente los requisitos normativos.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 72-92

DOI:
https://doi.org/10.56519/f1xp0694
Agosto 2026

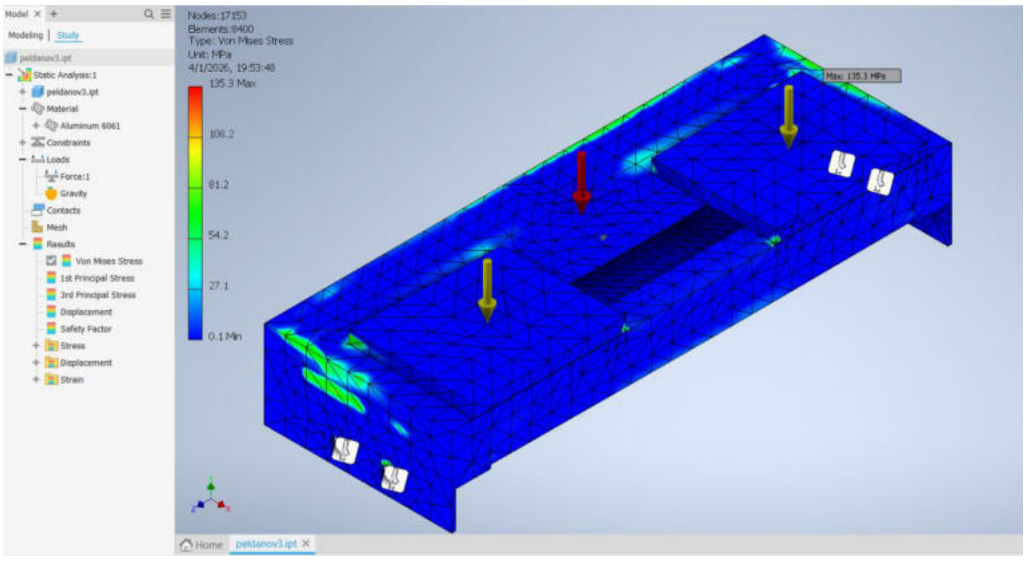


Figura 6. Resultado esfuerzo Von Mises en peldaño (máximo: 135.3 MPa).

Fuente: (15).

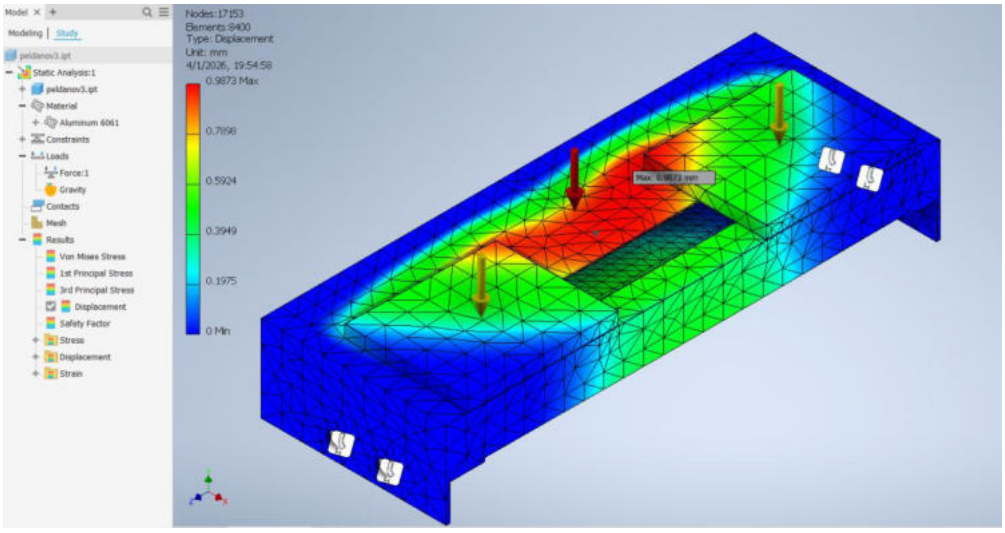


Figura 7. Resultado desplazamiento en peldaño (máximo: 0.98 mm).

Fuente: (15).

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 72-92

DOI:
https://doi.org/10.56519/f1xp0694
Agosto 2026

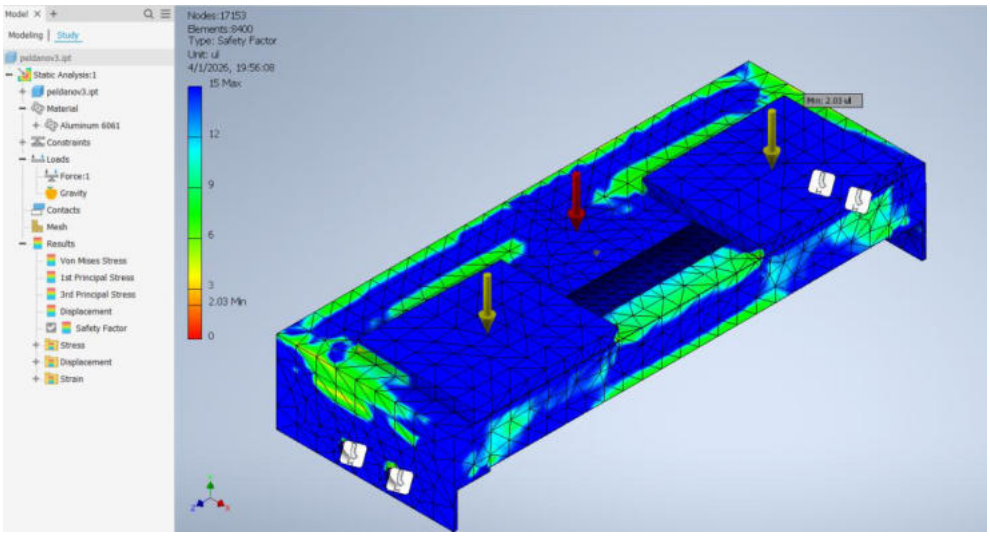


Figura 8. Resultado factor de seguridad en peldaño (2.03).

Fuente: (15).

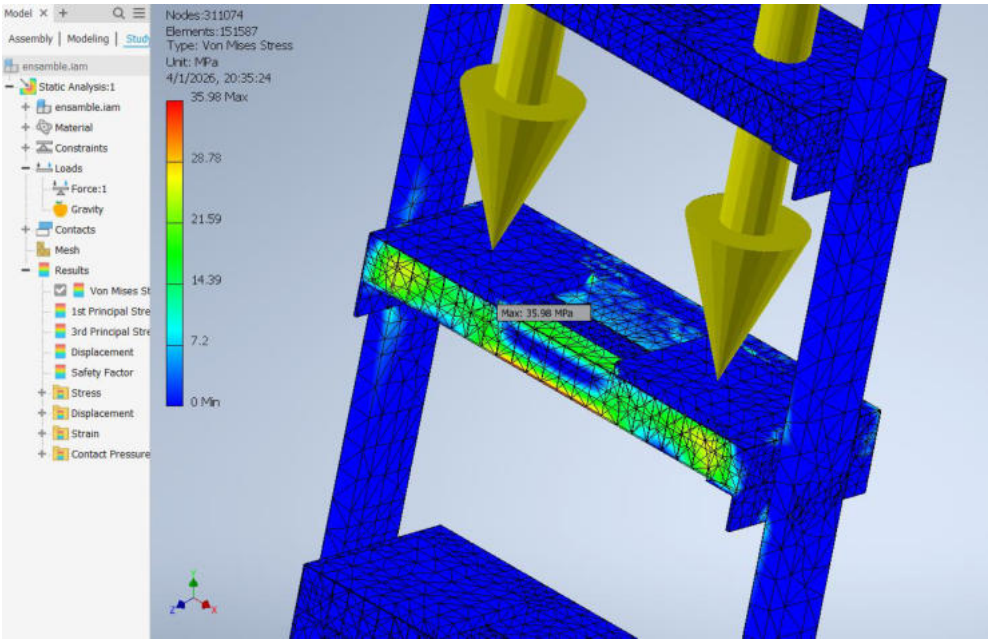


Figura 9. Resultado esfuerzo Von Mises en escalera – acercamiento al peldaño (máximo: 35.98 MPa).
Fuente: (15).

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 72-92

DOI:
https://doi.org/10.56519/f1xp0694
Agosto 2026

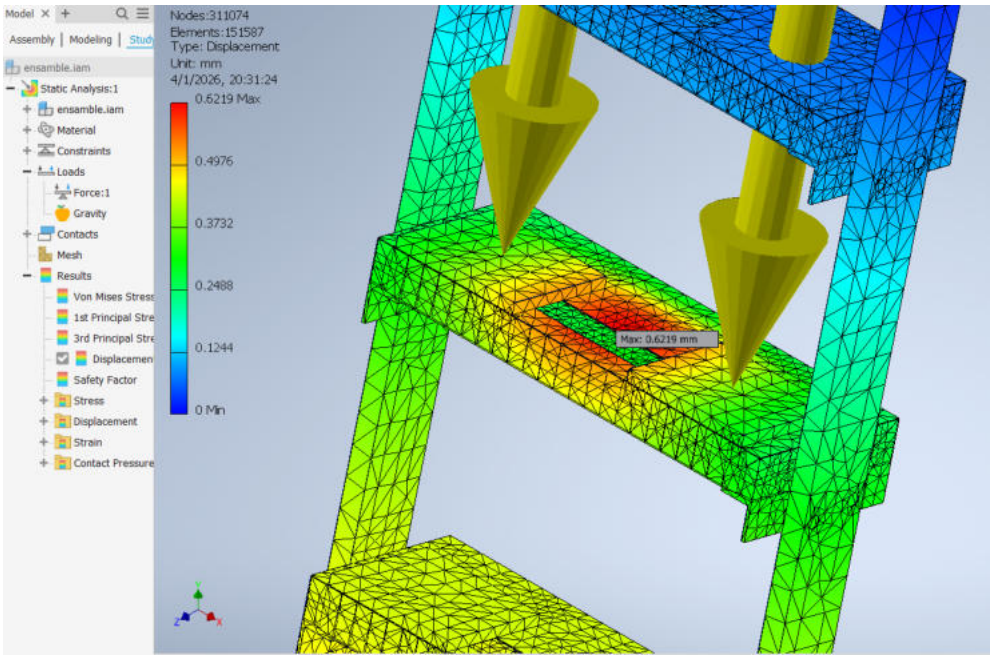


Figura 10. Resultado desplazamiento en escalera (máximo: 0.621 mm).

Fuente: (15).

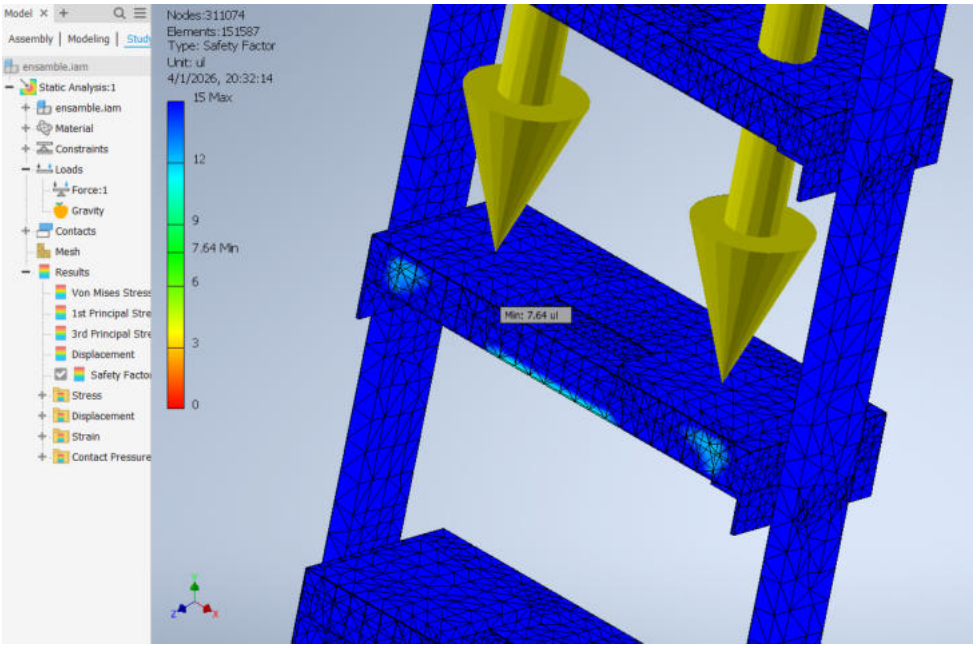


Figura 11. Resultado factor de seguridad en escalera (mínimo: 7.64)

Fuente: (15).

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 72-92
DOI: https://doi.org/10.56519/f1xp0694
Agosto 2026

La geometría detallada de la escalera propuesta se presenta en las Tablas 11 y 12, con peldaños de 0.150 m de ancho y longitud de 0.400 m.

Tabla 11 . Geometría de la escalera propuesta en base a una altura máxima de estructura (y) de 2.93 m.

Elemento Geométrico	Valor
Distancia al soporte superior (x)	3.02 m
Espacio de separación con respecto a la estructura (x/4)	0.76 m
Ángulo de inclinación de la escalera con respecto a la horizontal (α)	75.50°
Longitud total de escalera (considerando un excedente de 3 pies o 0.91 m)	3.94 m

Tabla 12 . Geometría de la escalera propuesta.

Elemento Geométrico	Peldaño Normal	Peldaño Pequeño
	Valor	Valor
Ancho de peldaño	0.150 m	0.0750 m
Largo de peldaño (distancia entre largueros)	0.400 m	
Ancho de solapa	0.0380 m	
Espacio entre peldaños	0.2800 m	
Ancho de larguero	0.0600 m	

La literatura especializada respalda los parámetros de diseño adoptados en la escalera propuesta. La adopción de separación entre peldaños, respecto a los estándares ANSI de 35 cm y EN 131 de 28 cm, disminuye significativamente la frecuencia cardíaca media durante el ascenso y mejora la estancia del trabajador, siendo el espaciado de 28 cm adoptado en la escalera propuesta consistente con estas recomendaciones (16). El aluminio 6063-T5 presenta propiedades mecánicas predecibles y una rigidez adecuada para estructuras de carga moderada, lo que valida su selección para la construcción de peldaños y largueros de escaleras industriales (17). Los factores de seguridad obtenidos mediante análisis de elementos finitos son representativos del comportamiento real de secciones huecas de aluminio 6063-T5 bajo carga estática, aspecto directamente aplicable a la validación estructural del peldaño propuesto (18). El método REBA fue diseñado para evaluar el riesgo musculo esquelético en tareas con posturas impredecibles como las actividades en altura sobre escaleras, estableciendo que puntuaciones inferiores a 4 indican riesgo bajo sin necesidad de intervención inmediata (19). Un valor de Cpk superior a 1.33 garantiza un nivel aceptable de procesos, umbral que la escalera propuesta supera con un Cpk de 1.39, confirmando la seguridad de su uso (20). El cálculo de DPMO y del nivel sigma constituye una metodología estándar internacionalmente reconocida para la evaluación de la calidad en el

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 72-92
DOI:
https://doi.org/10.56519/f1xp0694
Agosto 2026

diseño de prototipos de ingeniería, siendo el nivel sigma 5.68 obtenido indicativo de un desempeño superior al de la mayoría de procesos industriales convencionales (21).

Finalmente, se entregó el prototipo de escalera a la Fundación EcoSur - Ecuador, el manual técnico de uso y el plano del peldaño de la escalera (Figura 12,13).



Figura 12. Entrega de la escalera propuesta y socialización del manual de uso.

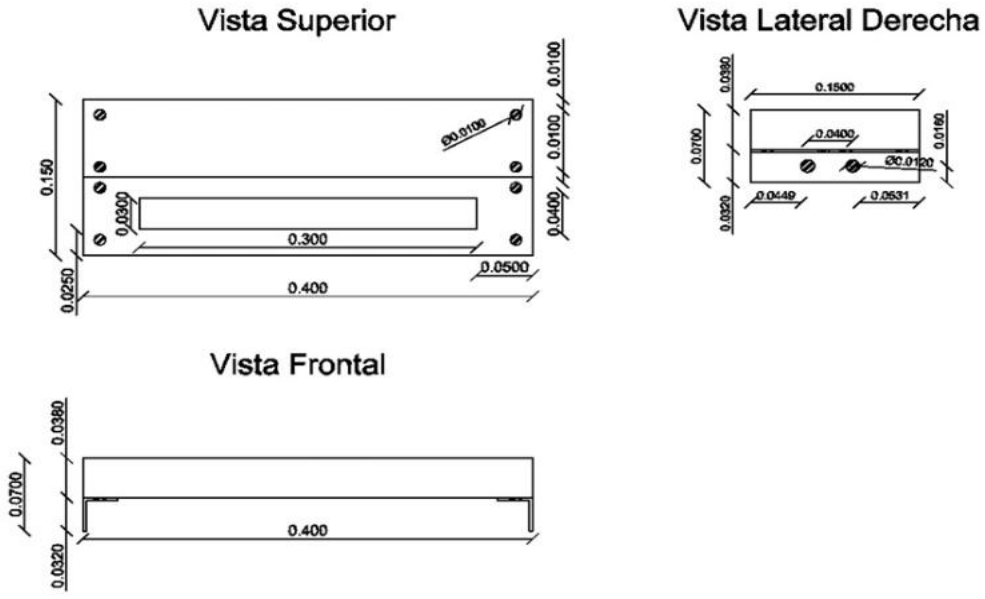


Figura 13. Plano de peldaño de la escalera propuesta.

Fuente: (22).

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 72-92

DOI:
https://doi.org/10.56519/f1xp0694
Agosto 2026

DISCUSIÓN

Los resultados del salto vertical indican menor fatiga muscular en extremidades inferiores con la escalera de peldaños planos. La diferencia de 0.020 m es clínicamente relevante para tareas repetitivas en construcción.

La reducción del ritmo cardíaco (3.4 lpm) sugiere menor demanda cardiovascular en controles de seguridad en escaleras. Este hallazgo fortalece la hipótesis ergonómica del diseño plano.

La disminución de 6.02 mmHg en presión sistólica en las escaleras propuestas reduce riesgo hemodinámico en trabajadores de edad avanzada.

El aumento de 4.01 s en sentadilla estática confirma mejor preservación de fuerza muscular. La novedad radica en la implementación de peldaños planos, análisis 6 Sigma y elementos finitos. Mediante el estudio se incrementa la seguridad y la protección de riesgos laborales de los trabajadores de la Fundación EcoSur - Ecuador.

El nivel sigma 5.68 se encuentra dentro de los estándares de calidad industrial y valida la reproducibilidad del diseño. Los factores de seguridad (2.03 y 7.64) exceden los requisitos de la normativa EN 131.

En síntesis, todos los resultados obtenidos apoyan el rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis alternativa en los cuatro ensayos fisiológicos realizados, demostrando la superioridad ergonómica y funcional de la escalera de peldaños planos.

CONCLUSIONES

La escalera de seguridad industrial manual de peldaños planos diseñada y construida redujo significativamente la fatiga física de los trabajadores del Departamento de Reconstrucción de Vivienda de la Fundación EcoSur - Ecuador, evidenciado por mejoras estadísticamente significativas ($p<0.05$) en salto vertical (+0.020 m), ritmo cardíaco (-3.4 lpm), presión sistólica (-6.02 mmHg) y sentadilla estática (+4.01 s), cumpliendo el objetivo general.

El diseño geométrico (AutoCAD versión demo 2026), validación estructural (Inventor versión demo 2026) y control de calidad 6 Sigma (Wolfram Mathematica versión 14.3) produjeron un prototipo seguro (factor de seguridad >2) y ergonómico, superior a escaleras convencionales, cumpliendo normas EN 131, ANSI y OSHA (4, 6, 7).

La implementación del prototipo y manual técnico representa una contribución práctica a la prevención de riesgos laborales en construcción social en Ecuador, mejorando bienestar, productividad y seguridad.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 72-92
DOI: https://doi.org/10.56519/f1xp0694
Agosto 2026

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi profundo agradecimiento a la Fundación EcoSur - Ecuador, institución que respaldó de manera integral el desarrollo de esta investigación. Su contribución abarcó tanto el acompañamiento continuo durante el proceso de elaboración de la tesis como el financiamiento total de los costos derivados del mismo. Este apoyo, económico y humano a la vez, fue determinante para la culminación exitosa del presente trabajo y constituye un testimonio del compromiso de la Fundación con el desarrollo profesional y el bienestar de quienes forman parte de ella.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Batista E. Escaleras portátiles dieléctricas extensibles, requisitos de diseño y seguridad durante su uso. 2022.
2. Ramos-Galarza C. Diseños de investigación experimental. CienciAmérica [Internet]. 2021 [citado 2025]; 10(1):1-7. ISSN: 1390-9592. Disponible en: http://cienciamerica.uti.edu.ec/openjournal/index.php/uti/article/view/356. DOI: 10.33210/ca.v10i1.356
3. Cejas Martínez MF, Liccioni EJ, Aldaz Hernández SM, Murillo Naranjo M, Venegas Álvarez G. Enfoque cuantitativo y cualitativo: Una mirada de los métodos mixtos. Barinas: Fundación Editorial de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (FEDUEZ); 2023.
4. Mondelo PR, Gregori E, Barrau P. Ergonomía 1: Fundamentos. 3a ed. Barcelona: Edicions UPC; 1999. ISBN: 84-8301-315-0
5. GADM del Cantón Penipe. Información General del Cantón Penipe [Internet]. Penipe; 2026 [citado 2026]. Disponible en: https://www.penipe.gob.ec
6. Comité Europeo de Normalización (CEN). EN 131-1: Escaleras – Parte 1: Terminología, tipos y dimensiones funcionales. Bruselas: CEN; 2015.
7. American National Standards Institute (ANSI). ANSI A14.2: American National Standard for Ladders - Portable Metal - Safety Requirements. Nueva York: ANSI; 2017.
8. Hignett S, McAtamney L. Rapid Entire Body Assessment (REBA). Appl Ergon. 2000; 31(2):201-5. ISSN: 0003-6870. DOI: 10.1016/S0003-6870(99)00039-3
9. Allen TT. Introduction to engineering statistics and six sigma. Londres: Springer; 2006. ISBN: 978-1-85233-955-5. DOI: 10.1007/1-84628-200-4
10. Wolfram Research, Inc. Mathematica, Version 14.3 [software]. Champaign, IL: Wolfram Research; 2025.
11. Gutiérrez Pulido H, de la Vara Salazar R. Control estadístico de la calidad y Seis Sigma. 3a ed. México: McGraw-Hill Interamericana; 2013. ISBN: 978-607-15-0929-1
12. Park SH. Six Sigma for quality and productivity promotion. Tokio: Asian Productivity Organization; 2003. ISBN: 92-833-1722-X
13. Noboa D. Decreto Ejecutivo N.º 255: Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo del Ecuador. Quito: Presidencia de la República del Ecuador; 2024.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 72-92

DOI:
https://doi.org/10.56519/f1xp0694
Agosto 2026

14. Organización Internacional de Normalización (ISO). ISO 45001:2018: Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo – Requisitos con orientación para su uso. Ginebra: ISO; 2018.
15. Autodesk, Inc. Autodesk Inventor, Version 2026 [software]. San Francisco, CA: Autodesk; 2025.
16. Duraj V, Fathallah F. Ergonomic Evaluation of Orchard Ladders with Shorter Rung Spacing. Proc Hum Factors Ergon Soc Annu Meet. 2020; 64(1):1077-81. ISSN: 1071-1813. DOI: 10.1177/1071181320641218
17. Ho M, Lee P, Ye C, Lin C, Huang C. Experiment and finite element analysis study on the deflection of aluminum extruded 6063-T5 hollow structural beam. IOP Conf Ser Mater Sci Eng. 2020; 711(1):012075. ISSN: 1757-899X. DOI: 10.1088/1757-899X/711/1/012075
18. Gardner L, Ashraf M. Structural design for non-linear metallic materials. Eng Struct. 2006; 28(6):926-34. ISSN: 0141-0296. DOI: 10.1016/j.engstruct.2005.11.001
19. Hignett S, McAtamney L. Rapid Entire Body Assessment (REBA). Appl Ergon. 2000; 31(2):201-5. ISSN: 0003-6870. DOI: 10.1016/S0003-6870(99)00039-3
20. Bhargava M, Gaur S. Process improvement using Six-Sigma (DMAIC process) in bearing manufacturing industry: A case study. IOP Conf Ser Mater Sci Eng. 2021; 1017(1):012034. ISSN: 1757-899X. DOI: 10.1088/1757-899X/1017/1/012034
21. Allen TT. Introduction to engineering statistics and six sigma. Londres: Springer; 2006. ISBN: 978-1-85233-955-5. DOI: 10.1007/1-84628-200-4
22. Autodesk, Inc. AutoCAD, Version 2026 [software]. San Francisco, CA: Autodesk; 2025.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 93-109

DOI:
https://doi.org/10.56519/b618d864
Agosto 2026

CAJAS DE AHORRO INFORMAL COMO ALTERNATIVA DE INCLUSIÓN FINANCIERA EN EL CANTÓN LA MANÁ, ECUADOR

INFORMAL SAVINGS GROUPS AS A FINANCIAL INCLUSION ALTERNATIVE IN LA MANÁ CANTON, ECUADOR

Sonia Aracely Diaz Puruncaja[1], Angelica Tamara Medina Armas [2]

{sonia.diaz3262@utc.edu.ec[1], angelica.medina3553@utc.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 28/07/2026 / Fecha de aceptación: 10/08/2026 / Fecha de publicación: 25/08/2026

RESUMEN: La presente investigación tiene como objetivo principal evaluar la contribución de la caja de ahorro y crédito familiar "Familia Unida" como modelo alternativo de inclusión financiera frente a las barreras del sistema financiero formal, mediante un análisis socioeconómico en el cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, durante el período 2021–2025, esta indagación permitió determinar que el acceso limitado al crédito continúa representando uno de los principales obstáculos para la inclusión financiera en las zonas rurales, situación que ha favorecido el desarrollo de mecanismos comunitarios de ahorro y préstamo basados en la cooperación y la confianza entre sus integrantes, esta investigación se desarrolló bajo la estrategia metodológica de estudio de caso integrando información obtenida mediante un censo aplicado a los 19 socios activos, entrevistas semiestructuradas y el análisis de los registros administrativos y financieros correspondientes al período 2021–2025. La evidencia documental permitió constatar un funcionamiento financiero estable, respaldado por aportaciones acumuladas de USD 11.210,00, ingresos por intereses de préstamos de USD 8.679,51 e ingresos complementarios de USD 5.182,90, lo que permitió mantener un valor USD 2.311,84 resultado de la diferencia entre los ingresos complementarios y los egresos registrados" además los datos de las encuestas coinciden con estos resultados reflejando una valoración favorable en cuanto a la rapidez en el acceso al crédito, flexibilidad de las condiciones de financiamiento y el modelo de gestión sustentado en la confianza mutua, estos hallazgos sugieren que las cajas de ahorro informal pueden complementar la oferta del sistema financiero formal en contextos rurales al reducir las barreras de acceso al crédito, pero su sostenibilidad dependerá del fortalecimiento de la gestión administrativa, del control interno y de mecanismos que contribuyan a consolidar su funcionamiento a largo plazo.

Palabras clave: barreras financieras, capital social, cajas de ahorro, economía popular y solidaria, inclusión financiera, microfinanzas comunitarias

[1]Universidad Técnica de Cotopaxi – Ecuador, https://orcid.org/0009-0005-6759-8670; +593982756252
[2]Universidad Técnica de Cotopaxi – Ecuador, https://orcid.org/0009-0001-7546-9941; +593982680355

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 93-109
DOI: https://doi.org/10.56519/b618d864
Agosto 2026

ABSTRACT: The main objective of this research is to evaluate the contribution of the "Familia Unida" family savings and credit group as an alternative model for financial inclusion against the barriers of the formal financial system, through a socioeconomic analysis in La Maná canton, Cotopaxi province, during the 2021–2025 period. This inquiry determined that limited access to credit continues to represent one of the primary obstacles to financial inclusion in rural areas—a situation that has fostered the development of community-based savings and loan mechanisms rooted in cooperation and mutual trust among members. The study was conducted using a case study methodological strategy, integrating data obtained through a census applied to all 19 active members, semi-structured interviews, and the analysis of administrative and financial records covering the 2021–2025 period. Documentary evidence confirmed a stable financial operation, supported by accumulated contributions of USD 11,210.00, loan interest income of USD 8,679.51, and supplementary income of USD 5,182.90, resulting in a net balance of USD 2,311.84 from the difference between supplementary income and recorded expenditures. Furthermore, survey data align with these results, reflecting a favorable assessment regarding the speed of credit access, the flexibility of financing terms, and a management model based on mutual trust. These findings suggest that informal savings groups can complement the formal financial system in rural contexts by reducing barriers to credit access; however, their long-term sustainability will depend on strengthening administrative management, internal control, and consolidation mechanisms.

Keywords: financial barriers, social capital, savings banks, popular and solidarity economy, financial inclusion, community microfinance

INTRODUCCIÓN

La inclusión financiera es ampliamente reconocida como un componente esencial del desarrollo económico sostenible, debido a que facilita el acceso y el uso efectivo de servicios financieros en condiciones adecuadas de costo, oportunidad y seguridad(1,2). Diversos estudios han señalado que una mayor inclusión financiera contribuye a mejorar la resiliencia económica de los hogares, reducir su vulnerabilidad frente a eventos adversos y fortalecer la estabilidad financiera, particularmente durante períodos de crisis y recuperación económica (3,4).

Disponer de un sistema financiero formal no garantiza que toda la población pueda acceder a sus servicios en igualdad de condiciones por ejemplo en las zonas rurales y en economías con elevados niveles de informalidad persisten barreras relacionadas con los requisitos documentales, el historial crediticio, las garantías exigidas, los costos asociados al financiamiento y los tiempos requeridos para la aprobación de los préstamos(5); estas limitaciones afectan principalmente a hogares con ingresos variables y a pequeños emprendimientos, para los cuales el acceso oportuno al crédito constituye un elemento determinante para el desarrollo de sus actividades económicas(4,6).

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 93-109
DOI: https://doi.org/10.56519/b618d864
Agosto 2026

En Ecuador se han impulsado diversas iniciativas orientadas al fortalecimiento del sistema financiero popular y solidario opero aún se observa brechas de acceso al financiamiento, especialmente en territorios rurales y en sectores con bajos niveles de formalización económica de acuerdo con el Banco Central del Ecuador (7) , una parte importante de la población aún enfrenta dificultades para obtener crédito mediante los mecanismos tradicionales, situación que ha favorecido el desarrollo de formas comunitarias de ahorro y préstamo adaptadas a las características económicas y sociales de cada localidad (8,9).

Dentro de estas alternativas destacan las cajas de ahorro familiar de carácter comunitario, cuyo funcionamiento se sustenta en la cooperación, la confianza y la autogestión de sus integrantes permitiendo movilizar recursos financieros mediante procedimientos más sencillos y con menores exigencias administrativas que las observadas en las instituciones financieras tradicionales. Diversos estudios señalan que estas experiencias constituyen una manifestación práctica de los principios de la economía popular y solidaria y representan una opción de financiamiento para comunidades donde la oferta de crédito formal resulta limitada (10).

Más allá de facilitar el acceso al crédito la permanencia de estas organizaciones depende de su capacidad para administrar adecuadamente los recursos que gestionan con una recuperación oportuna de los préstamos, la transparencia en el manejo financiero, la gestión del riesgo y la existencia de registros administrativos confiables son aspectos que inciden directamente en su sostenibilidad elementos que coinciden con López-Sánchez y Valdivieso(11) que destacan la estabilidad de las organizaciones comunitarias de ahorro y crédito requiere mecanismos de gestión que permitan preservar la confianza de sus integrantes y asegurar la continuidad de sus operaciones.

Aunque la literatura reconoce el aporte de las cajas de ahorro a la inclusión financiera todavía son limitados los estudios que integran evidencia documental de su desempeño financiero con la percepción de sus propios miembros para analizar, de manera conjunta, su funcionamiento y sostenibilidad en organizaciones comunitarias de pequeña escala generando dificulta para comprender cómo estos mecanismos responden a las necesidades de financiamiento en contextos rurales y cuál es su contribución frente a las restricciones del sistema financiero formal (11–14) .

Bajo este contexto se desarrolló la presente investigación con el objetivo de evaluar el desempeño financiero y socioeconómico de la caja de ahorro familiar "Familia Unida" y analizar su contribución como alternativa de inclusión financiera frente a las limitaciones del sistema financiero formal en el cantón La Maná, empleando un estudio de caso con enfoque mixto que integró la revisión de los registros administrativos y financieros correspondientes al período 2021–2025 este análisis permitió examinar la evolución de las aportaciones, los ingresos derivados de la actividad crediticia, la administración de los recursos y la percepción de los participantes respecto al funcionamiento del sistema. A diferencia de investigaciones centradas únicamente en la percepción de los participantes o en indicadores financieros aislados, este estudio integra información documental, registros financieros y percepción de los socios para ofrecer una caracterización del funcionamiento de una caja de ahorro comunitaria desde una perspectiva socioeconómica y financiera.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 93-109
DOI: https://doi.org/10.56519/b618d864
Agosto 2026

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló bajo la estrategia metodológica de estudio de caso, debido a que el interés principal consistió en comprender en profundidad el funcionamiento de una organización comunitaria de ahorro y crédito dentro de su contexto real, de acuerdo con Yin (15) menciona que este diseño resulta pertinente cuando el fenómeno analizado no puede separarse de las condiciones en las que ocurre y cuando se requiere integrar diferentes fuentes de evidencia, además Stake (16) señala que el estudio de caso permite comprender procesos sociales particulares más que obtener generalizaciones estadísticas, además la investigación se complementa con un alcance descriptivo-explicativo, integrando información cuantitativa y cualitativa empleadas en el análisis del desempeño financiero y el aporte de una caja de ahorro familiar como mecanismo de inclusión financiera, con respecto al componente documental se realizó un estudio de campo y observacional retrospectivo con análisis longitudinal de los registros administrativos y financieros generados entre febrero de 2021 y diciembre de 2025 además se levantó información de la percepción de los participantes mediante un diseño no experimental aplicado a la totalidad de los socios activos de la organización.

El presente estudio fue realizado en el cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, Ecuador, tomando como referencia la caja de ahorro familiar “Familia Unida”, integrada por 19 socios activos que son el total de las muestras obtenidas en el proceso de recolección de información, respetando los principios éticos aplicables a estos estudios para ello se informó a los 19 socios activos sobre los objetivos de la investigación, el carácter académico del estudio, el uso exclusivo de la información con fines científicos y su derecho a participar de manera voluntaria, obteniéndose el consentimiento informado de todos los participantes, en lo que concierne a el análisis documental de los registros administrativos y financieros de la caja de ahorro “Familia Unida”, se contó con la autorización de los responsables de la organización, estos datos fueron procesados de forma agregada, bajo criterios de confidencialidad durante todas las etapas del estudio sin identificar individualmente a los socios ni divulgar información personal o económica que permitiera su reconocimiento.

El levantamiento de información se desarrolló con tres técnicas complementarias, primero se realizó una encuesta estructurada aplicada a los socios, utilizando una escala tipo Likert de cinco niveles (1 = muy en desacuerdo y 5 = muy de acuerdo), con el propósito de evaluar las dimensiones de accesibilidad al crédito, costos percibidos, confianza entre los socios, preferencia por el sistema comunitario e impacto socioeconómico, segundo fue aplicar entrevistas semiestructuradas dirigidas a los responsables de la administración y a miembros con mayor participación en la gestión de la organización, con el fin de comprender aspectos relacionados con el funcionamiento operativo, la toma de decisiones, la administración de los recursos y la sostenibilidad del sistema y tercero fue el análisis documental de los registros administrativos y financieros generados por la caja de ahorro durante el período comprendido entre el 1 de febrero de 2021 y el 31 de diciembre de 2025 examinando registros de aportaciones mensuales, operaciones de crédito normales y emergentes, comprobantes internos de pago, registros de intereses, balances económicos, ingresos complementarios y actas administrativas relacionadas con la aprobación y seguimiento

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 93-109
DOI: https://doi.org/10.56519/b618d864
Agosto 2026

de las operaciones financieras. La fecha de corte de la información correspondió al 31 de diciembre de 2025 fecha que fue el cierre del ejercicio económico analizado, además se señala que las encuestas y entrevistas se realizaron entre enero y febrero de 2026, una vez concluido el cierre administrativo del ejercicio 2025 y consolidada la información financiera utilizada en el estudio.

Para garantizar la trazabilidad y consistencia de la información, se elaboró una matriz de extracción documental en la que se sistematizaron todas las variables financieras utilizadas en el estudio a continuación los datos fueron sometidos a un proceso de verificación cruzada entre los registros de aportaciones, los movimientos registrados de caja, los registros de créditos y los ingresos por intereses además es imperante recalcar que los ingresos por intereses fueron registrados de acuerdo con la información administrativa de la organización y los valores individuales no fueron necesariamente uniformes entre los socios, debido a que su distribución respondió a los criterios establecidos en el reglamento interno y a las decisiones adoptadas por la asamblea de la caja de ahorro estas diferencias identificadas fueron contrastadas con la documentación original y verificadas conjuntamente con los responsables administrativos de la organización recalcando que únicamente se incorporó al análisis la información respaldada por registros documentales, mientras que los datos que no pudieron verificarse documentalmente fueron excluidos del análisis.

Las variables analizadas comprendieron a las aportaciones de los socios, los ingresos por intereses generados por préstamos, los ingresos complementarios, los egresos de la organización y los indicadores de percepción relacionados con accesibilidad al crédito, confianza, costos percibidos, preferencia por el sistema comunitario e impacto socioeconómico, con el propósito de integrar en un único indicador variables expresadas en diferentes unidades de medida, previamente se realizó un proceso de normalización mediante el método Min–Max. Este procedimiento transforma cada variable a una escala adimensional comprendida entre 0 y 1, preservando las diferencias relativas entre las observaciones y permitiendo la comparación directa entre indicadores de naturaleza distinta con la siguiente formula $X_i^* = \frac{Xi - Xmin}{Xmax - Xmin}$, donde Xi es el valor del indicador, Xmin es el valor mínimo registrado, Xmax es el valor máximo registrado, y X_i^* es el valor normalizado.

Una vez normalizadas las variables, el Índice de Eficiencia Socioeconómica (IESE) se obtuvo mediante el promedio aritmético simple de los indicadores normalizados que permitió la comparación entre el sistema comunitario y el sistema financiero formal, el cual se obtuvo mediante el promedio simple de los tres indicadores normalizados considerados en el estudio: accesibilidad al crédito (0,89), costos percibidos (0,83) e impacto socioeconómico (0,87). Cada dimensión fue previamente normalizada en una escala entre 0 y 1 y posteriormente agregada mediante promedio aritmético simple, de acuerdo con la siguiente expresión: $I\ ESE = \frac{\sum_i^n = 1\ Yi}{n}$, donde Yi representa el valor normalizado de cada dimensión y n corresponde al número de variables incorporadas en el índice este procedimiento permitió sintetizar la información cuantitativa en un indicador comparable del desempeño socioeconómico del modelo comunitario. Cabe destacar que se optó por el promedio aritmético simple debido a que no existía

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 93-109
DOI: https://doi.org/10.56519/b618d864
Agosto 2026

evidencia empírica suficiente para asignar ponderaciones diferenciadas entre los indicadores analizados. Bajo estas condiciones, se asumió que todas las dimensiones evaluadas aportaban la misma importancia relativa al desempeño socioeconómico de la caja de ahorro además este procedimiento ha sido ampliamente utilizado en la construcción de indicadores compuestos cuando no se dispone de criterios objetivos para establecer pesos específicos.

En cuanto al procesamiento de la información cuantitativa se realizó mediante estadística descriptiva, utilizando frecuencias absolutas, porcentajes, medias y desviaciones estándar para resumir la información obtenida en las encuestas y en los registros financieros la información cualitativa se analizó mediante codificación temática, agrupando los testimonios en categorías relacionadas con accesibilidad al crédito, confianza, gestión administrativa, funcionamiento organizacional y sostenibilidad financiera, para la validación de los resultados se aplicó triangulación metodológica entre la información documental, los resultados de la encuesta y las entrevistas semiestructuradas, la confiabilidad del cuestionario fue evaluada mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, obteniéndose un valor de 0,958, indicador de una muy alta consistencia interna entre los ítems utilizados para medir las dimensiones del estudio. Finalmente, la investigación respetó los principios éticos aplicables a estudios con participación humana, garantizando el consentimiento informado de los participantes y la confidencialidad de la información suministrada.

RESULTADOS

3.1 Estructura financiera y base operativa del sistema

Los registros obtenidos evidencia que durante el período 2021–2025 la caja de ahorro mantuvo una participación constante de 19 socios activos generando valores acumulados de USD 11.210,00 en referencia a aportes y un total de USD 25.072,41 de recursos administrados durante todo el período analizado.

Tabla 1. Movimiento consolidado de recursos administrados (2021–2025).

Concepto	Valor (USD)
Aportaciones de socios	11.210,00
Intereses por préstamos	8.679,51
Ingresos complementarios	5.182,90
Recursos administrados	**25.072,41**
Monto colocado en créditos	24.350,00
Gastos administrativos y sociales	2.871,06
Excedente de ingresos complementarios	2.311,84

Fuente: Elaboración propia a partir de los registros individuales de aportaciones e intereses de la caja de ahorro “Familia Unida”.

Los ingresos por intereses presentaron un comportamiento variable aumentando de USD 456,00 en 2021 a USD 2.711,11 en 2024 y disminuyeron a USD 1.813,55 en 2025 estos registros permiten describir esta variación anual, aunque no contienen

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 93-109
DOI: https://doi.org/10.56519/b618d864
Agosto 2026

información suficiente para identificar de manera individual el efecto del número, monto o plazo de los préstamos otorgados.

Tabla 2. Evolución anual de las aportaciones de los socios y de los ingresos por intereses generados por préstamos (2021–2025).

Año	Socios activos	Aportaciones anuales (USD)	Ingresos por intereses (USD)	Total anual (USD)
A partir de febrero del 2021	19	2.090,00	456,00	2.546,00
2022	19	2.280,00	1.435,07	3.715,07
2023	19	2.280,00	2.263,78	4.543,78
2024	19	2.280,00	2.711,11	4.991,11
2025	19	2.280,00	1.813,55	4.093,55
Total	—	**11.210,00**	**8.679,51**	**19.889,51**

Fuente: Elaboración propia a partir de los registros individuales de aportaciones e intereses de la caja de ahorro “Familia Unida”.

Se señala que las aportaciones de los socios y los ingresos por intereses representaron USD 19.889,51, constituyendo la principal fuente de recursos financieros de la caja de ahorro.

3.2 Ingresos complementarios y egresos

Durante el período 2021–2025 los ingresos complementarios de la caja de ahorro fue de USD 5.182,90, provenientes principalmente de rifas, certificados de aportación y multas por mora registradas por la organización. En el mismo período, los egresos alcanzaron USD 2.871,06, correspondientes a ayudas sociales y mortuorias, actividades de integración, adquisición de uniformes y gastos administrativos.

Tabla 3. Ingresos complementarios, egresos y saldo anual de la caja de ahorro, 2021–2025.

Año	Ingresos complementarios (USD)	Egresos (USD)	Saldo anual (USD)
2021	961,50	833,53	127,97
2022	1.011,90	613,00	398,90
2023	1.031,50	355,00	676,50
2024	1.024,00	380,00	644,00
2025	1.154,00	689,53	464,47
Total 2021–2025	**5.182,90**	**2.871,06**	**2.311,84**

Fuente: Elaboración propia a partir de los registros de ingresos complementarios y egresos de la caja de ahorro “Familia Unida”.

De acuerdo a los datos de la tabla 3, al cierre del ejercicio de 2025, la organización registra un remanente neto del fondo social de USD 2.311,84, el cual cubre exclusivamente la planificación operativa, actividades de integración y auxilios mortuorios. Este rubro es independiente del Fondo de Capital de Operaciones (Ahorros e Intereses), el cual se analiza de forma consolidada para salvaguardar el patrimonio total de los socios."

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 93-109
DOI: https://doi.org/10.56519/b618d864
Agosto 2026

Cabe recalcar que debido a la naturaleza informal y de autogestión de la caja de ahorro 'Familia Unida', los registros administrativos no disponen de un estado de situación financiera bajo normas internacionales de contabilidad, aun así la conciliación de flujos de efectivo ejecutada en esta investigación demuestra un Patrimonio Neto de USD 22.201,35 al cierre de 2025 , dado que la tasa de recuperación de la cartera de créditos fue del 100% al finalizar cada año este capital total no representa una pérdida o gasto, sino que constituye la liquidez disponible de la organización acumulada en beneficio de sus 19 asociados."

Tabla 4. Egresos por tipo de gasto de la caja de ahorro "Familia Unida", 2021–2025.

Tipo de egreso	2021	2022	2023	2024	2025	Total
Ayudas sociales	100,00	300,00	220,00	200,00	200,00	1.020,00
Ayudas mortuorias	0,00	0,00	100,00	50,00	10,00	160,00
Actividades de integración	668,53	173,00	0,00	100,00	0,00	941,53
Uniformes e identidad institucional	0,00	110,00	0,00	0,00	115,00	225,00
Gastos administrativos	65,00	30,00	35,00	30,00	364,53	524,53
Total anual	**833,53**	**613,00**	**355,00**	**380,00**	**689,53**	**2.871,06**

Fuente: Elaboración propia a partir de los registros de egresos de la caja de ahorro "Familia Unida".

La estructura de egresos muestra que las ayudas sociales representaron el principal componente acumulado, con USD 1.020,00, seguidas por las actividades de integración, con USD 941,53. Los gastos administrativos ascendieron a USD 524,53 durante los cinco años. La composición de los egresos confirma que una parte relevante de los recursos complementarios se destinó a finalidades sociales y organizativas, además del funcionamiento administrativo.

En relación a los indicadores financieros se adaptó la fórmula de **Operational Self Sufficiency (OSS)** que se calcula mediante la formula $\boldsymbol{OSS = \frac{ingresos\ operativos}{gastos\ operativos}}$**,** debido al carácter comunitario e informal de la organización estudiada, el indicador de Autosuficiencia Operativa se adaptó considerando únicamente los ingresos generados por la actividad financiera y los gastos efectivamente registrados en los libros administrativos. No fue posible incorporar provisiones por cartera en riesgo ni costos financieros externos debido a que la organización no mantiene financiamiento de terceros ni registra provisiones contables conforme a la normativa aplicable al sistema financiero formal, en base a la formular se utilizó los ingresos operativos, la suma de los intereses generados por los préstamos (USD 8.679,51) y los ingresos complementarios provenientes de rifas, certificados de aportación y multas por mora (USD 5.182,90), que en conjunto totalizaron USD 13.862,41. Como gastos operativos se consideraron los egresos administrativos y sociales registrados durante el mismo período (USD 2.871,06),alcanzando un valor aproximado de 4,83 (483%), lo que indica que los ingresos generados por la organización fueron suficientes para cubrir ampliamente sus costos operativos durante el período analizado.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 93-109
DOI: https://doi.org/10.56519/b618d864
Agosto 2026

3.3 Evolución de la cartera de créditos y recuperación

El análisis de la actividad crediticia de la caja de ahorro "Familia Unida" durante el período 2021–2025 revela una tendencia de crecimiento acelerado en la colocación de recursos como se observa en la Tabla 5, el número de créditos otorgados anualmente se quintuplicó, pasando de 3 operaciones en 2021 a 15 en 2025 reflejando de manera proporcional en el monto total prestado por año, el cual inició en USD 900,00 y alcanzó los USD 10.550,00 al cierre del ejercicio 2025, en cuanto a los recargos por mora cobrados mostraron un comportamiento decreciente en términos relativos disminuyendo drásticamente del 4,17% en 2021 al 0,22% en 2024, experimentando un leve repunte al 0,43% en 2025. Esta dinámica sugiere una maduración en los mecanismos de control interno y de cumplimiento por parte de los socios a medida que la organización se consolidaba en el tiempo.

Tabla 5. Evolución de los créditos otorgados y recargos por mora (2021–2025).

Año	Créditos	Capital colocado	Intereses generados	Total de Mora	Recuperación (%)
2021	3	900	456,00	37,5	100
2022	7	1500	1.435,07	53,9	100
2023	11	4500	2.263,78	22,5	100
2024	14	6900	2.711,11	15	100
2025	15	10550	1.813,55	45	100

Fuente: Elaboración propia a partir de los registros administrativos de la caja de ahorro "Familia Unida".

De acuerdo con los registros administrativos revisados todos los créditos otorgados durante el período fueron recuperados al cierre de cada ejercicio económico por ello la organización no registró cartera vencida pendiente al 31 de diciembre de 2025 además presenta un total de 50 créditos otorgados con valor total de USD 24.350,00 y un total de USD 8.679,51 dólares de interés generado

3.4 Comparación de las condiciones de acceso al crédito entre la caja de ahorro y el sistema financiero formal

Con base en la información recopilada a través de entrevistas a las principales cooperativas y bancos de La Maná y a través de los registros de funcionamiento de la caja de ahorro “Familia Unida”, se identificaron diferencias en las condiciones de acceso al crédito entre ambos sistemas las principales diferencias se relacionan con el tiempo de aprobación, los requisitos documentales, las garantías exigidas, los costos asociados al crédito y el grado de flexibilidad durante el proceso de otorgamiento.

Tabla 6. Comparación entre sistema financiero formal y caja de ahorro.

Variable	Sistema financiero formal	Caja de ahorro familiar
Tasa de interés	11.25% – 22% anual	1% – 2% mensual
Tiempo de aprobación	5 – 8 días	1 – 3 días
Requisitos	≥ 5 documentos	Documentación simplificada y validación interna entre socios

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 93-109
DOI: https://doi.org/10.56519/b618d864
Agosto 2026

Garantías	Hipoteca o garante	Aval solidario basado en la confianza y el compromiso entre los socios
Costos adicionales	(encajes, seguros, aportes)	Aporte fijo de 1% de acuerdo al monto
Flexibilidad	Baja	Alta

Fuente: Elaboración propia a partir de información recopilada en instituciones financieras locales y de los registros administrativos de la caja de ahorro "Familia Unida".

Los resultados evidencian que la principal diferencia entre ambos modelos radica en los mecanismos de acceso al crédito porque las instituciones financieras formales requieren documentación, garantías y procesos de evaluación previamente establecidos, la caja de ahorro fundamenta la aprobación de los préstamos en el conocimiento mutuo entre los socios, la confianza construida dentro de la organización y el cumplimiento de los acuerdos internos.

3.5 Características del crédito ofrecido por el sistema financiero formal

La revisión de las condiciones de crédito dadas por las instituciones financieras locales permitió identificar que el monto mínimo de financiamiento corresponde a USD 1.000, con plazos mínimos de 12 meses y tasas de interés anuales comprendidas entre 11,25 % y 22 %, registrándose un promedio de 16,09 % además los tiempos de aprobación oscilaron entre 5 y 8 días, con un promedio de 5,5 días. Adicionalmente, se identificaron costos accesorios promedio de USD 87,07, equivalentes al 8,71 % del monto solicitado, asociados principalmente a seguros, aportaciones obligatorias y otros cargos administrativos.

Tabla 7. Condiciones y costos accesorios del crédito en el sistema financiero formal.

Indicador	**Resultado**
Monto mínimo observado	$1000
Plazo mínimo observado	12 meses
Interés anual (mín–máx)	11.25% – 22%
Interés anual promedio	16.09%
Tiempo de aprobación (mín–máx)	5 – 8 días
Tiempo de aprobación promedio	5 días
Costos accesorios promedio (créditos individuales)	$87.07
Costos accesorios promedio sobre el monto	8.71%
Rango de costos accesorios (individual)	4.5% – 13%
Rango de costos accesorios (grupal)	0.7% – 24%

Fuente: Elaboración propia

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 93-109
DOI: https://doi.org/10.56519/b618d864
Agosto 2026

Los resultados permiten evidenciar que además de la tasa de interés, el crédito formal incorpora costos complementarios que incrementan el costo efectivo del financiamiento. En los créditos individuales, estos costos representaron en promedio el 8,71 % del monto solicitado, mientras que en los productos grupales se observó una mayor variabilidad, con valores comprendidos entre 0,7 % y 24 %. Estas diferencias reflejan la heterogeneidad de las políticas crediticias aplicadas por las instituciones financieras incluidas en el estudio.

3.6 Comparación de escenarios de financiamiento para un crédito de USD 1.000

Con el propósito de ilustrar las diferencias en el costo y las condiciones de acceso al financiamiento, se comparó un escenario de crédito de USD 1.000 con un plazo de 12 meses, utilizando información recopilada de la caja de ahorro “Familia Unida”, del producto Grupo Solidario del Banco Pichincha y de la Cooperativa de Ahorro y Crédito Futuro Lamanense. La comparación consideró el monto total pagado, el tiempo de aprobación, los requisitos documentales y el tipo de garantía exigida por cada alternativa de financiamiento.

Tabla 8. Comparación de un crédito de $1000 a 12 meses.

Concepto	Caja de ahorro	Grupo Solidario Banco Pichincha	Cooperativa Futuro Lamanense
Monto solicitado	1000	1000	1000
Plazo	12 meses	12 meses	12 meses
Tasa nominal	2 % mensual	según producto	según producto
Pago total	1144,68	1275	1350
Cuota mensual	94,56 + aporte = 95,39	—	—
Tiempo aprobación	1–3 días	5–8 días	5–8 días
Garantía	Confianza	Mutua entre los socios del grupo	Garante con solvencia economica

Fuente: Elaboración propia con base en la información recopilada de la caja de ahorro “Familia Unida”, Cooperativa Futuro Lamanense y Banco Pichincha.

En la tabla 6 se observa que el costo total del financiamiento continúa siendo menor en la caja de ahorro, al tiempo que mantiene ventajas relacionadas con la rapidez de aprobación y la reducción de requisitos documentales indicando que la principal fortaleza del modelo comunitario no radica únicamente en la tasa de interés, sino en la combinación de accesibilidad, flexibilidad operativa y menores costos asociados al proceso de obtención del crédito. La simulación comparativa del crédito se elaboró utilizando el simulador financiero empleado por la propia caja de ahorro "Familia Unida", basado en un esquema de amortización con cuotas mensuales, tasa nominal del 2 % mensual y un aporte adicional del 1 % anual destinado al fortalecimiento del fondo social de la organización este aporte no constituye un interés financiero, sino un mecanismo interno de capitalización aprobado por los socios.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 93-109
DOI: https://doi.org/10.56519/b618d864
Agosto 2026

3.7 Resultados de percepción de los socios

La encuesta aplicada a los 19 socios muestra una valoración ampliamente favorable del funcionamiento de la caja de ahorro familiar en todas las dimensiones evaluadas estas puntuaciones reflejan una percepción positiva respecto a la accesibilidad al crédito, la confianza entre los integrantes, los costos asociados al financiamiento y el impacto generado sobre la economía familiar.

Tabla 9. Resultados agregados de percepción de los socios sobre el funcionamiento de la caja de ahorro.

Dimensión	Media	Desv. Estándar	Índice (0–100)	Interpretación
Accesibilidad al crédito	4.56	0.42	89.0	Muy favorable
Costos percibidos	4.32	0.48	83.0	Favorable
Confianza entre socios	4.72	0.36	93.0	Muy alta
Preferencia financiera	4.40	0.51	85.0	Favorable
Impacto socioeconómico	4.48	0.45	87.0	Muy favorable
Promedio global	**4.50**	**0.44**	**87.5**	**Altamente favorable**

Fuente: Elaboración propia

La dimensión confianza entre socios obtuvo la mayor valoración (media = 4,72), lo que evidencia la importancia de las relaciones de cooperación y del compromiso colectivo como elementos que sustentan el funcionamiento de la organización explicando así que la aprobación de los préstamos pueda realizarse mediante mecanismos de confianza mutua, reduciendo la necesidad de garantías formales. En cuanto a la accesibilidad al crédito alcanzó una media de 4,56, indicando que los participantes perciben un proceso de financiamiento ágil, flexible y con menores requisitos administrativos que los observados en el sistema financiero formal.

En relación con el impacto socioeconómico, la media obtenida (4,48) demostrando que la percepción de los socios es que el modelo familiar de ahorro y crédito ha contribuido a fortalecer su capacidad de ahorro, atender necesidades económicas imprevistas y mejorar su estabilidad financiera.

Las dimensiones preferencia financiera (4,40) y costos percibidos (4,32) también presentaron valoraciones favorables, lo que confirma que los participantes consideran a la caja de ahorro como una alternativa competitiva frente a las opciones de financiamiento formal disponibles en el cantón, de manera general la percepción alcanzó 87,5 puntos sobre 100, reflejando una valoración ampliamente favorable del funcionamiento de la organización y de los beneficios percibidos por sus integrantes.

Los resultados documentales y la información obtenida mediante la encuesta muestran una alta coherencia entre el desempeño financiero de la organización y la percepción de sus integrantes evidenciando así los elevados niveles de confianza, accesibilidad y satisfacción con el funcionamiento del modelo comunitario. La elevada consistencia interna del cuestionario ($\alpha = 0,958$) respalda la confiabilidad de los resultados obtenidos en cuanto a las base en las dimensiones normalizadas de accesibilidad, costos percibidos e impacto socioeconómico, el Índice de Eficiencia Socioeconómica (IESE) alcanzó un

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 93-109
DOI: https://doi.org/10.56519/b618d864
Agosto 2026

valor de 0,86, resultado que resume la valoración favorable del desempeño del modelo comunitario por parte de sus integrantes.

DISCUSIÓN

Los registros administrativos de la caja de ahorro **"Familia Unida"** muestran que durante el período 2021–2025 las aportaciones acumuladas alcanzaron USD 11.210,00 y los ingresos por intereses sumaron USD 8.679,51, estos datos presentó un comportamiento ascendente hasta 2024 y una disminución en 2025, situación que refleja capacidad para generar recursos, aunque este comportamiento, por sí solo, no permite afirmar que la organización haya alcanzado sostenibilidad financiera dado que; la permanencia de los sistemas comunitarios de ahorro depende de múltiples factores, entre ellos la recuperación de la cartera, la estabilidad de la membresía, la calidad de la gobernanza y la administración de los recursos financieros (17,18). Los ingresos complementarios ascendieron a USD 5.182,90 y los egresos totalizaron USD 2.871,06, con una diferencia acumulada de USD 2.311,84, este resultado corresponde únicamente a la diferencia entre los ingresos complementarios y los gastos registrados, sin representar un balance financiero integral. La distribución de los egresos evidencia que USD 1.020,00 fueron destinados a ayudas sociales y USD 941,53 a actividades de integración comunitaria reflejando que la organización cumple funciones sociales además de facilitar el ahorro y el acceso al crédito, característica propia de las organizaciones de economía popular y solidaria descritas por Dávila Pinto et al. (19) Hidalgo Romero et al. (12), quienes señalan que estas entidades orientan parte de sus recursos al fortalecimiento del bienestar colectivo y de la cohesión social.

Las respuestas de los socios respaldan la información obtenida en los registros administrativos enfatizando que la confianza alcanzó la valoración promedio más alta, seguida de la accesibilidad al crédito y del impacto socioeconómico percibido demostrando que el capital social constituye uno de los principales activos de la organización. Salinas Vásquez et al. (10) identificaron resultados similares en cooperativas ecuatorianas, donde la confianza entre los asociados disminuye la percepción del riesgo y facilita la gestión del crédito. Dávila Pinto et al. (19) sostienen que las finanzas solidarias fortalecen los procesos de desarrollo local mediante relaciones de cooperación entre sus integrantes, mientras que Hidalgo Romero et al. (12) destacan que la economía popular y solidaria conserva mecanismos de gestión sustentados en la participación y la corresponsabilidad de los socios. La valoración positiva expresada por los participantes representa una percepción sobre el funcionamiento de la organización y no una medición directa del impacto económico generado. La ausencia de procedimientos formales para evaluar la capacidad de pago y documentar la recuperación de la cartera constituye un aspecto susceptible de fortalecimiento, especialmente si aumenta el número de operaciones financieras o la cantidad de asociados.

La caja de ahorro presenta procesos de aprobación más ágiles, menores requisitos administrativos y una mayor proximidad entre quienes solicitan y aprueban los préstamos, condiciones que favorecen la inclusión financiera de personas con

dificultades para acceder al sistema financiero formal (20). Karim et al. (4) señalan que las organizaciones financieras comunitarias reducen barreras de acceso mediante mecanismos internos de evaluación sustentados en el conocimiento directo de los solicitantes. Ozili (5) sostiene que la inclusión financiera depende tanto de la disponibilidad de servicios como de la facilidad de acceso y de los costos asociados al proceso de financiamiento. El Banco Central del Ecuador (7) y Sierra Lara et al. (8) reconocen que las organizaciones de economía popular y solidaria cumplen un papel relevante en la ampliación del acceso al crédito para sectores tradicionalmente excluidos del sistema financiero. La tasa nominal mensual del 2 % aplicada por la caja puede parecer superior a la ofrecida por algunas entidades financieras cuando se expresa en términos anuales; sin embargo, el costo efectivo del crédito también está condicionado por el sistema de amortización, las garantías exigidas, los cargos adicionales y el tiempo requerido para completar el proceso de aprobación. Estos costos de transacción pueden representar una carga económica mayor que la propia tasa de interés para hogares con restricciones de liquidez (4–6,21).

Los resultados obtenidos corresponden a una organización integrada por 19 socios, donde la cercanía entre los participantes favorece el seguimiento de los acuerdos y el cumplimiento de las obligaciones financieras. Un incremento de la membresía hasta 50 o 100 socios modificaría las condiciones actuales de funcionamiento y exigiría procesos administrativos más estructurados, procedimientos estandarizados para la evaluación de créditos, controles internos más sólidos y mecanismos de supervisión que garanticen la transparencia en la gestión de los recursos. La evidencia presentada por Aganze et al. (17), Atahau et al.(22) y Mamun y Várallyai (18) indica que la permanencia de las organizaciones financieras comunitarias depende de la capacidad para fortalecer su gobernanza conforme aumenta el volumen de operaciones y el número de participantes. El crecimiento organizacional requiere equilibrar la confianza entre los socios con herramientas técnicas que permitan preservar la eficiencia administrativa y la sostenibilidad financiera.

La gestión del riesgo crediticio constituye otro aspecto relevante para la continuidad de la organización. Durante el período analizado no se registraron pérdidas que comprometieran el funcionamiento de la caja; sin embargo, la inexistencia de provisiones destinadas a cubrir posibles créditos incobrables representa una vulnerabilidad potencial frente a escenarios de incumplimiento. La acumulación de operaciones incrementa la exposición al riesgo financiero, por lo que resulta conveniente incorporar políticas para la clasificación de la cartera, el seguimiento sistemático de los préstamos y la constitución gradual de reservas preventivas. Gutiérrez-Nieto et al. (6) destacan que la adecuada administración del riesgo crediticio favorece la sostenibilidad de las instituciones de microfinanzas, mientras que Salinas Vásquez et al. (10) evidencian que el capital social reduce parte del riesgo de incumplimiento, aunque no reemplaza los mecanismos formales de control financiero. La incorporación de estas prácticas contribuiría a fortalecer la capacidad de la organización para mantener la liquidez y garantizar la continuidad de los servicios financieros ofrecidos a sus socios.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 93-109
DOI: https://doi.org/10.56519/b618d864
Agosto 2026

Los resultados deben interpretarse considerando las características metodológicas del estudio. La investigación se desarrolló mediante un estudio de caso aplicado a una única caja de ahorro comunitaria integrada por 19 socios activos, condición que limita la generalización de los hallazgos hacia otras organizaciones con diferentes estructuras organizativas, tamaños o contextos territoriales. Investigaciones posteriores podrían incorporar análisis comparativos entre varias cajas de ahorro y cooperativas de economía popular y solidaria, así como estudios longitudinales que permitan evaluar la evolución de la sostenibilidad financiera, la gestión del riesgo y el impacto socioeconómico en distintos escenarios de crecimiento organizacional.

CONCLUSIONES

La caja de ahorro "Familia Unida" constituye para sus socios como un mecanismo complementario de acceso al financiamiento su funcionamiento interno se caracteriza por procesos de validación más simples y menores tiempos de respuesta basados en reglamentos y decisiones internas de su organización a diferencia de los identificados en los productos financieros consultados de la localidad en La Maná ademas los resultados de las encuesta aplicada a los socios evidenció una valoración favorable del funcionamiento de la caja, especialmente en las dimensiones de confianza y accesibilidad al crédito demostrando la importancia que los socios atribuyen a la cooperación y al conocimiento mutuo pero estas percepciones obtenidas no sustituyen la medición objetiva de variables como recuperación de cartera, morosidad, rentabilidad o impacto sobre los ingresos familiares y se enfatiza que esta conclusión se limita al caso estudiado y no implica que todas las cajas de ahorro presenten las mismas condiciones.

Se aprecia que durante el período 2021–2025 se registraron aportaciones acumuladas de USD 11.210,00 e ingresos por intereses de USD 8.679,51 además los ingresos complementarios alcanzaron USD 5.182,90 y los egresos asociados a actividades sociales, organizativas y administrativas totalizaron USD 2.871,06, generando una diferencia acumulada de USD 2.311,84 valor que corresponde al el resultado neto de los ingresos complementarios menos los gastos sociales y administrativos por lo que no debe interpretarse como un balance financiero integral de la organización.

El alcance de los resultados está limitado por el estudio de una sola organización, el reducido número de participantes y la disponibilidad de registros administrativos consolidados para fortalecer el funcionamiento de la caja se recomienda mejorar el registro individual de las operaciones de crédito, documentar la recuperación de capital e intereses, establecer controles contables periódicos y definir procedimientos internos para el tratamiento de posibles incumplimientos.

CONTRIBUCIONES DE AUTOR (OPCIONAL)

1. Conceptualización: Sonia Aracely Diaz Puruncaja
2. Curación de datos: Sonia Aracely Diaz Puruncaja
3. Análisis formal: Sonia Aracely Diaz Puruncaja

4. Investigación: Sonia Aracely Diaz Puruncaja, Angelica Tamara Medina Armas
5. Supervisión: Angelica Tamara Medina Armas
6. Validación: Sonia Aracely Diaz Puruncaja
7. Visualización: Sonia Aracely Diaz Puruncaja
8. Redacción – borrador original: Sonia Aracely Diaz Puruncaja
9. Redacción – revisión y edición: Sonia Aracely Diaz Puruncaja

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Basnayake D, Naranpanawa A, Selvanathan S, Bandara J. Financial inclusion through digitalization and economic growth in Asia-Pacific countries. Int Rev Financ Anal. 2024;96:103596.
2. Kattan-Rodríguez G, Galindo-Manrique A. From access to impact: How digital financial inclusion drives sustainable development. Sustainability. 2025;17(23):10799.
3. Demirgüc-Kunt A, Singer D, Ansar S, Klapper L, Hess J. La base de datos Global Findex 2017: Medición de la inclusión financiera y la revolución de la tecnología financiera [Internet]. Washington, DC: World Bank; 2018. Disponible en: http://hdl.handle.net/10986/29510 doi:10.1596/978-1-4648-1259-0
4. Karim N, Tarazi M, Reille X. Microfinance and community-based finance: Lessons for financial inclusion. World Dev. 2022;153:105806.
5. Ozili P. Financial inclusion research around the world: A review. Forum Soc Econ. 2021;50(4):457-79.
6. Gutiérrez-Nieto B, Serrano-Cinca C, Cuéllar-Fernández B. Microfinance institutions and sustainable development goals: The moderating role of credit risk. Sustainability. 2021;13(2):786.
7. Banco Central del Ecuador. Inclusión financiera en Ecuador, barreras, avances y efectos socioeconómicos: Una revisión sistemática [Internet]. Quito: BCE; 2026 [citado 23 de julio de 2026]. Disponible en: https://www.bce.fin.ec/economiatricolor/publicaciones/investigaciones/inclusion-financiera-en-ecuador-barreras-avances-y-efectos-socioeconomicos-una-revision-sistematica/
8. Sierra Lara Y, Alonzo Villacis MA, Cajas Beltrán MA. Cooperativas de Ahorro y Crédito e inclusión financiera. Coop Desarro. 2024;12(1).
9. Superintendencia de Economía Popular y Solidaria. Actualidad y cifras EPS – Abril 2024 [Internet]. Quito: SEPS; 2024 [citado 23 de julio de 2026]. Disponible en: https://www.seps.gob.ec/wp-content/uploads/Actualidad-y-Cifras-EPS-reducido-feb2024.pdf
10. Salinas Vásquez J, Sarmiento Jara J, Urgilés Salinas M, Oña Avendaño D. Social capital and credit risk in a financial cooperative of Ecuador. J Co-op Organ Manag. 2024;12(2):100247.
11. López-Sánchez A, Valdivieso M. Gestión contable y control financiero en organizaciones de economía solidaria en América Latina. Rev Cienc Soc. 2023;29(4):55-72.
12. Hidalgo Romero P, Pulgar Salazar M, Coral Guerrero C. El ADN de la economía popular y solidaria en Ecuador: Explorando las características clave de un sistema económico alternativo. REVESCO Rev Estud Coop. 2024;146:e93671.

13. Choudhary P, Ghosh C, Thenmozhi M. Impact of fintech and financial inclusion on sustainable development goals: Evidence from cross country analysis. Finance Res Lett. 2025;72:106573.
14. Crowe S, Cresswell K, Robertson A, Huby G, Avery A, Sheikh A. The case study approach. BMC Med Res Methodol. 2011;11:100.
15. Yin R. Case study research and applications: Design and methods. 6th ed. Thousand Oaks (CA): Sage Publications; 2018.
16. Stake R. The art of case study research. Thousand Oaks (CA): Sage Publications; 1995.
17. Aganze R, Mersland R, D'Espallier B, Andersson K. Determinants of sustainability of informal community-based financial groups: Insights from a survival analysis approach. J Dev Stud. 2025;61:1-23.
18. Mamun A, Várallyai L. Advancing sustainability through financial inclusion and sustainable finance: A systematic literature review. Digit Finance. 2025;7(4):853-70.
19. Dávila Pinto P, Ortuño-Pérez S, Mantilla Garcés D, Albuja Centeno V. The role of solidarity finance in sustainable local development in Ecuador. Economies. 2025;13(8):227.
20. World Bank. The little data book on financial inclusion 2022. Washington (DC): World Bank; 2022.
21. Ozili P, Mhlanga D. Why is financial inclusion so popular? An analysis of development buzzwords. J Int Dev. 2024;36(1):231-53.
22. Atahau A, Sakti I, Hutar A, Huruta A, Kim M. Financial literacy and sustainability of rural microfinance: The mediating effect of governance. Cogent Econ Finance. 2023;11(2):2230725.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 110-126

DOI:
https://doi.org/10.56519/9t660p37
Agosto 2026

EMPLEO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA SÍNTESIS DE MATERIALES BASADOS EN FÍSICA EN RECONSTRUCCIÓN PATRIMONIAL

AI-DRIVEN SYNTHESIS OF PBR MATERIALS FOR VIRTUAL HERITAGE RECONSTRUCTION

José Alejandro Vázquez Durán[1]

{al.exvaz@hotmail.com[1]}

Fecha de recepción: 30/03/2026 / Fecha de aceptación: 11/08/2026 / Fecha de publicación: 25/08/2026

RESUMEN: La digitalización del patrimonio arquitectónico evoluciona desde la documentación hacia un instrumento transversal de investigación, conservación preventiva y divulgación, donde la visualización 3D con renderización se basa en la demanda de materiales digitales plausibles para sostener la credibilidad de la representación. Sin embargo, la paradoja metodológica de las técnicas reality-based (fotogrametría y TLS) capturan con alta fidelidad geométrica el estado actual del bien, así como el registro de deterioros, pátinas y alteraciones que dificultan la materialidad histórica original como el caso de la erosión y las alteraciones cromáticas del granito fino ornamentado que oscurecen la apariencia primigenia de la Iglesia de Santa María de Sar en Santiago de Compostela. Por ello, este trabajo aborda la brecha entre lo existente-degradado y lo original-perdido mediante un método aplicado que desarrolla y documenta un flujo de trabajo integral para la síntesis de materiales PBR asistida por IA multimodal, integrado en un pipeline profesional (GIMP + Blender/Cycles). Los hallazgos técnicos muestran que la generación del albedo toma aproximadamente tres minutos, el resto de mapas PBR se derivan sistemáticamente en GIMP y se integran posteriormente en Blender. Desde la ética, se identifica que los modelos de IA crean debido a sus datos de entrenamiento, lo que exige una documentación explicita de paradatos, asi los resultados demuestran que, bajo dirección experta la IA produce materiales PBR plausibles, concluyendo que el método es técnicamente viable y estéticamente coherente para divulgación e hipótesis de restitución, sin sustituir a la captura directa ni exime de la transparencia metodológica.

Palabras clave: patrimonio cultural, patrimonio cultural digital, modelado 3D, materiales PBR, ingeniería de instrucciones

ABSTRACT: The digitization of architectural heritage is evolving from mere documentation into a cross-cutting tool for research, preventive conservation, and dissemination, where 3D visualization with rendering relies on the demand for plausible digital materials to support the credibility of the representation. However, a

[1]Grupo integrado de ingeniería civil y geomática, Universidad de Santiago de Compostela-España, https://orcid.org/0009-0000-2763-3527, +34 603655030

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 110-126
DOI: https://doi.org/10.56519/9t660p37
Agosto 2026

methodological paradox arises with reality-based techniques (photogrammetry and TLS), which capture the current state of the asset with high geometric fidelity, including the recording of deterioration, patinas, and alterations that obscure the original historical materiality—as in the case of erosion and chromatic alterations of fine ornamental granite that mask the original appearance of the Church of Santa María de Sar in Santiago de Compostela. Therefore, this work addresses the gap between the existing-degraded and the original-lost through an applied method that develops and documents a comprehensive workflow for the synthesis of PBR materials assisted by multimodal AI, integrated into a professional pipeline (GIMP + Blender/Cycles). The technical findings show that albedo generation takes approximately three minutes, the remaining PBR maps are systematically derived in GIMP and subsequently integrated into Blender. From an ethical perspective, AI models are found to introduce biases due to their training data, requiring explicit paradata documentation. Thus, the results demonstrate that, under expert guidance, AI produces plausible PBR materials, concluding that the method is technically viable and aesthetically coherent for dissemination and restitution hypotheses, without replacing direct capture or exempting methodological transparency.

Keywords: cultural heritage, digital cultural heritage, 3D modeling, PBR materials, prompt engineering

INTRODUCCIÓN

La digitalización del patrimonio arquitectónico amplía el alcance virtual desde el registro hacia un instrumento transversal para investigación, conservación preventiva y acceso público. En este contexto, los flujos de renderización basada en física (PBR) se generalizan en la visualización 3D patrimonial asociados a la búsqueda de representaciones materialmente creíbles; la credibilidad de la visualización depende críticamente de la calidad y plausibilidad de los materiales digitales aplicados al modelo (1, 2, 3, 4).

Sin embargo, existe una paradoja metodológica fundamental: mientras técnicas como fotogrametría y escaneo láser terrestre (TLS) permiten generar modelos 3D *reality-based* con alta fidelidad geométrica para documentar el estado actual de los bienes patrimoniales, dicho estado suele incorporar deterioro e intervenciones que dificultan la inferencia de la materialidad histórica original (5, 6, 7, 8, 9, 10). Esta discordancia se manifiesta con particular agudeza en la Iglesia de Santa María de Sar, donde elementos ornamentales en granito fino presentan erosión superficial y alteraciones cromáticas que oscurecen su apariencia original.

La teoría contemporánea del patrimonio digital reconoce que toda representación digital es inherentemente interpretativa, situándose entre la documentación del estado existente y la hipótesis de estados desaparecidos (11, 12, 13). Este espectro exige transparencia metodológica mediante paradata, requisito ético fundamental según la Carta de Londres (2009) (14) y los Principios de Sevilla (2017) (15) porque implica un doble desafío: técnico e interpretativo.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 110-126
DOI: https://doi.org/10.56519/9t660p37
Agosto 2026

Los métodos convencionales de crear materiales digitales patrimoniales tienen dos categorías: la (1) fotogrametría que es el estándar para documentar el patrimonio existente a partir de producir texturas que registran patologías y degradaciones (16, 17, 18) a pesar de que, Vico-García et al. (2025) (19) señalan que limpiar estas texturas de los elementos anacrónicos resulta complejo y destructivo. Por lo que, en casos de pérdida material sustancial la fotogrametría carecería de datos fiables (11). Por consiguiente, el (2) modelado manual es la alternativa de crear materiales hipotéticos con la sintetización de información histórica y análogos arquitectónicos (20) aunque este enfoque sea intensivo en tiempo, su calidad dependerá de la habilidad subjetiva del creador porque su proceso rara vez sería reproducible o transparente, ya que contaría con el riesgo de reflejar concepciones estéticas contemporáneas (11, 21).

Contextualmente, los modelos de Inteligencia Artificial generativa (IA), en particular, los sistemas multimodales que confieren procesamiento de lenguaje natural y síntesis de imágenes proponen nuevas posibilidades para el patrimonio cultural (22). Modelos que operan como sistemas de inferencia estadística porque aprenden distribuciones de probabilidad sobre millones de pares texto-imagen para originar nuevas imágenes correspondientes a descripciones textuales (23). Por lo que, las aplicaciones iniciales de IA en el patrimonio cultural se concentran en restauración virtual de imágenes, categorización de artefactos o producción de variantes estilísticas (11, 22). Sin embargo, la aplicación específica a la síntesis de texturas PBR para la reconstrucción arquitectónica virtual representa un dominio teóricamente inexplorado con obstáculos como la escasez de data sets pareados y problemas de coherencia multicanal (24, 25, 26).

Esta aplicación debe tomar en cuenta precauciones fundamentales, ya que los modelos de IA generativa resultan ser sesgados por sus datos de entrenamiento extraídos de internet contemporáneo, lo que sugiere el riesgo de generar visiones anacrónicas del patrimonio (27). Además, su naturaleza estocástica choca con el ideal de reproducibilidad científica (28), y la teoría crítica del patrimonio digital enfatiza que estas tecnologías reconfiguran las relaciones de autoridad interpretativa (29).

En respuesta, la investigación propone un objetivo doble: desarrollar y documentar un flujo de trabajo integral que emplea modelos multimodales de IA (GPT-4 con DALL-E 3) para crear materiales PBR destinados a reconstrucción virtual del patrimonio; y aplicar este protocolo a la síntesis de texturas del granito fino original de la Iglesia de Santa María de Sar. La investigación se articula en torno a la pregunta de qué nivel de coherencia estética y viabilidad técnica es necesario para que el proceso se considere metodológicamente válido cuando se despliega dentro de un protocolo riguroso que parte de una especificación histórica contextualmente anclada, sigue un proceso de *prompt engineering* iterativo y culmina en posprocesamiento especializado.

La evaluación de validez opera en dos dimensiones interdependientes: la coherencia estética contextual, definida como el grado en que una textura generada es percibida como plausible e integrable en un modelo 3D según evaluación experta fundamentada en conocimiento histórico-material; y la viabilidad técnica reproducible, referida a la capacidad de un output de IA de ser procesado e integrado en un flujo de trabajo estándar de producción PBR para generar un material renderizable físicamente

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 110-126
DOI: https://doi.org/10.56519/9t660p37
Agosto 2026

coherente (30). Estos criterios se entrelazan con el concepto de *prompt engineering* patrimonial, entendido como el proceso sistemático de traducir conocimiento histórico-material en instrucciones precisas para dirigir un modelo generativo, práctica emergente como competencia especializada en la intersección entre investigación histórica, ciencia de materiales y lingüística computacional.

La fundamentalidad de esta investigación reincide en su contribución metodológica cerrar la brecha entre las capacidades emergentes de la IA y necesidades de la visibilización patrimonial a través de un flujo de trabajo estructurado y reproducible para demostrar técnicamente la integración de outputs de IA en pipelines profesionales (*Blender/Cycles*) y avanzar teóricamente en la discusión de los criterios de validez para la evaluación de reconstrucciones digitales que utilizan tecnologías generativas y, abrir un debate de la intersección del patrimonio digital y ética computacional (31, 32).

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación adquiere un enfoque de método aplicado, dado a que el objetivo central es diseñar, documentar y evaluar algún procedimiento técnico específico para la resolución de un problema práctico, como lo es la generación eficiente de materiales PBR hipotéticos para el patrimonio digital.

Mientras que una metodología constituye el marco que justifica el porqué de la investigación, un método describe el cómo operativo (33). En este caso, el qué es la evaluación de la viabilidad de la IA para síntesis de texturas patrimoniales; el por qué se expone en el marco teórico, basado en un paradigma interpretativo-crítico; y el cómo es el flujo de trabajo de cinco fases. Se trata de un método de desarrollo y evaluación de prototipos en humanidades digitales que sigue una lógica lineal y descriptiva, común en estudios de viabilidad tecnológica aplicada al patrimonio, donde el rigor reside en la transparencia descriptiva y la reproducibilidad del proceso (34).

La naturaleza del problema no es susceptible de medición cuantitativa estandarizada, ya que no existen métricas universalmente aceptadas para medir la coherencia histórica de una textura. La validación se fundamenta en una evaluación cualitativa experta, atendiendo a criterios de coherencia estético-histórica y funcionalidad técnica, mediante observación directa y análisis crítico de los resultados visuales, enfoque consistente con la investigación basada en diseño (35). La validez del método se deriva de la viabilidad observada del proceso y la credibilidad de los resultados ante una audiencia especializada.

La implementación requirió tres herramientas. Para la síntesis de imágenes se utilizó ChatGPT Plus (GPT-5.2 con DALL-E 3). El procesamiento de imágenes se realizó en GIMP 3.0.6. La integración de materiales y validación visual se llevó a cabo en Blender 4.5 con su motor Cycles para evaluar propiedades físicas bajo iluminación controlada (Tabla 1).

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 110-126
DOI: https://doi.org/10.56519/9t660p37
Agosto 2026

Tabla 1. Especificaciones técnicas de los programas y computadora empleados.

Componente	***Especificación***
Síntesis de imágenes	ChatGPT plus (DALL-E 3)
Procesamiento de texturas	GIMP 3.0.6
Modelado 3D y texturizado	Blender 4.5 / Cycles
Hardware mínimo recomendado	
Procesador	Ryzen 7 3700X
Memoria Ram	16 GB DDR4
Tarjeta grafica	NVIDIA RTX 2060 6GB
Almacenamiento	SSD 256 GB
Conexión a internet	Empleada por ChatGPT

El método aplicado se articula en cinco fases consecutivas, ilustradas en la Figura 1, que transforman una especificación histórica en un material digital. A continuación, se desglosa cada fase con sus outputs intermedios y las dificultades encontradas.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 110-126

DOI:
https://doi.org/10.56519/9t660p37
Agosto 2026

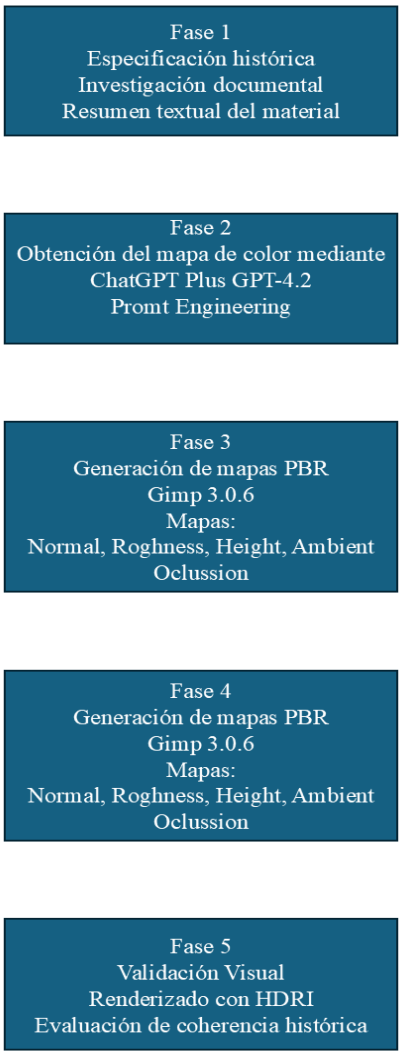


Figura 1. Diagrama del flujo de trabajo propuesto para la síntesis de materiales PBR.

Fuente: elaboración propia.

2.1 Fase 1: Especificación histórica e investigación documental

Esta fase representa la primera etapa del flujo de trabajo empleado, la cual traduce la investigación histórica en una descripción textual, en este caso definirá las características del granito fino beige original, excluyendo patinas y deterioro documentado, además de seleccionar las imágenes que servirán de referencia para el material.

2.2 Fase 2: Síntesis de textura base mediante IA

La fase siguiente es la adecuación de la descripción textual generada para obtener un resultado aproximado, debido a que las imágenes de referencia incluyen daño por patina, musgo y sombras es necesario sortearlas con el ajuste debido al promt. La descripción textual empleada para solucionar esto fue: "En base a las imágenes

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 110-126
DOI: https://doi.org/10.56519/9t660p37
Agosto 2026

proporcionadas, crea un mapa de albedo, seamless, 2k, de granito fino arenisca para la base de un material PBR".

2.3 Fase 3. Generación de mapas PBR en GIMP

El resultado obtenido tras el proceso de síntesis mediante ChatGPT se intervendrá mediante el empleo de GIMP, centrado en derivar los mapas complementarios. Para el mapa de normales, se convirtió el albedo a escala de grises y se aplicó el filtro Mapa de normales, ajustando la profundidad para obtener un relieve micro-superficial sutil.

El mapa de rugosidad se obtuvo manipulando la misma imagen en escala de grises; se invirtieron los tonos y se ajustó el contraste para asignar valores bajos de rugosidad a zonas claras y valores altos a zonas oscuras. El mapa de altura se derivó de la versión en grises del albedo, aplicando Desenfoque gaussiano y realzando el contraste. El mapa de oclusión ambiental se generó a partir del mapa de altura; se aplicó Desenfoque gaussiano y se ajustaron los Niveles para oscurecer selectivamente grietas y uniones. Cada mapa se ajustó para mantener coherencia física y visual con el albedo.

2.4 Fase 4: Integración en Blender

Los 5 mapas generados, tanto po IA como por GIMP se integran dentro de Blender siguiendo el flujo estándar establecido para materiales PBR. Así estos mapas conforman un material digital que se aplica al modelo 3D correspondiente, configurando las coordenadas UV y escala de textura para garantizar un empleo realista.

2.5 Fase 5: Validación visual

La última fase corresponde a la validación visual mediante renders de prueba con iluminación HDRI, lo que permite evaluar la coherencia visual del material, su respuesta física a la luz y su integración en un entorno virtual renderizado.

Cabe señalar que este estudio adopta un método aplicado cuya finalidad central es documentar y evaluar un procedimiento técnico concreto diseñado para resolver un problema práctico en visualización patrimonial. El método se fundamenta en la viabilidad observada del proceso y en la evaluación cualitativa del resultado atendiendo a criterios de coherencia estético-histórica y funcionalidad técnica en entorno PBR. La figura 1 esquematiza la secuencia operativa de las cinco fases que componen este flujo de trabajo, desde la definición conceptual del material hasta su validación final como activo digital, donde cada fase representa un módulo funcional específico dentro del pipeline de producción.

RESULTADOS

Esta sección presenta los resultados visuales obtenidos en cada fase del flujo de trabajo, demostrando la viabilidad del método propuesto para generar materiales PBR patrimoniales mediante IA.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 110-126
DOI:
https://doi.org/10.56519/9t660p37
Agosto 2026

La ejecución inició en la interfaz de ChatGPT, que introdujo una descripción textual específica un *prompt* que combinó requisitos técnicos de producción (resolución 2K, formato *seamless*, tipo de mapa albedo) con un detalle específico de material histórico ("granito fino arenisca").

Para fundamentar visualmente esta especificación, se proporcionaron al modelo dos imágenes de referencia: 1) muestra de granito puro que definía la textura objetivo, y 2) una fotografía de un arco medieval existente en Santa María de Sar, construido con el mismo material, que aportó contexto arquitectónico y validación histórica. Este enfoque de *prompt engineering* multimodal permitió dirigir al modelo DALL-E 3 hacia la generación de una imagen base conceptualmente alineada con los objetivos de restitución patrimonial (Figuras 2 y 3).

La figura 2a muestra detalle del arco medieval de Santa María de Sar, construido con el granito arenisca que constituye el caso de estudio, mientras que 2b muestra de referencia del mismo material, que define la textura objetivo. Ambas imágenes fueron proporcionadas a la IA como contexto visual para guiar la generación del mapa de albedo técnicamente especificado en el *prompt* textual.

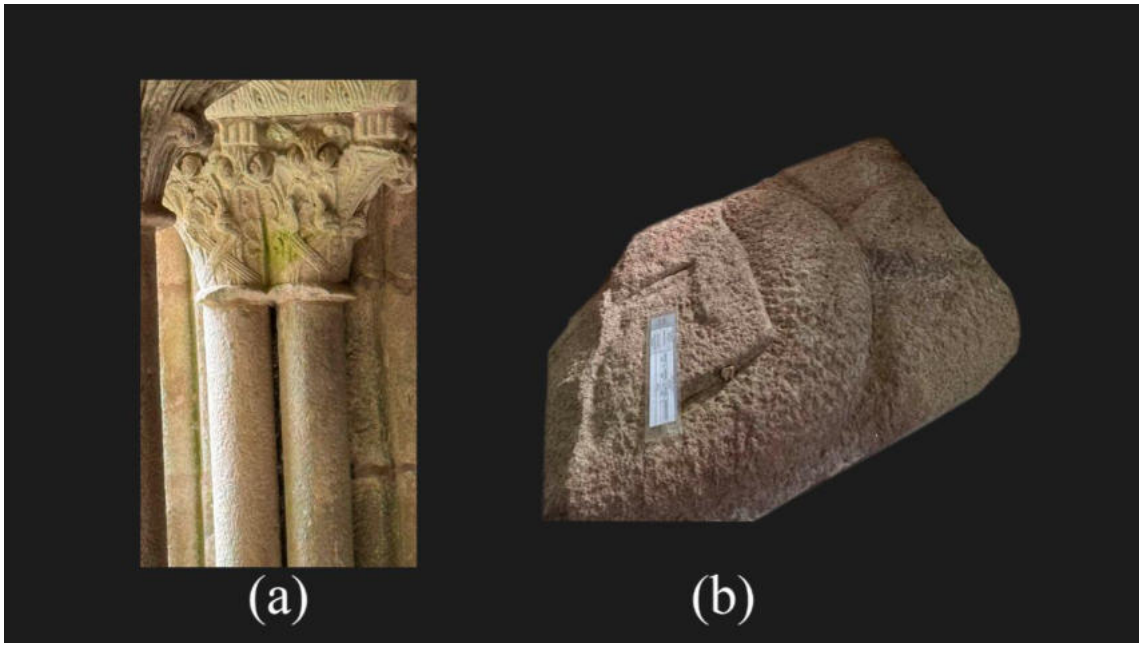


Figura 2. Imágenes de referencia.

Fuente: elaboración propia.

La Figura 3 documenta el resultado de la fase de síntesis por IA, asi mediante captura de la interfaz de ChatGPT muestra el *prompt* exacto que especificaba los requisitos técnicos y el contexto material. La imagen generada, producida en aproximadamente tres minutos, corresponde a un mapa de *albedo* con las características solicitadas, recibido en formato *seamless* y con iluminación neutralizada, listo para su posterior procesamiento.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 110-126

DOI:
https://doi.org/10.56519/9t660p37
Agosto 2026

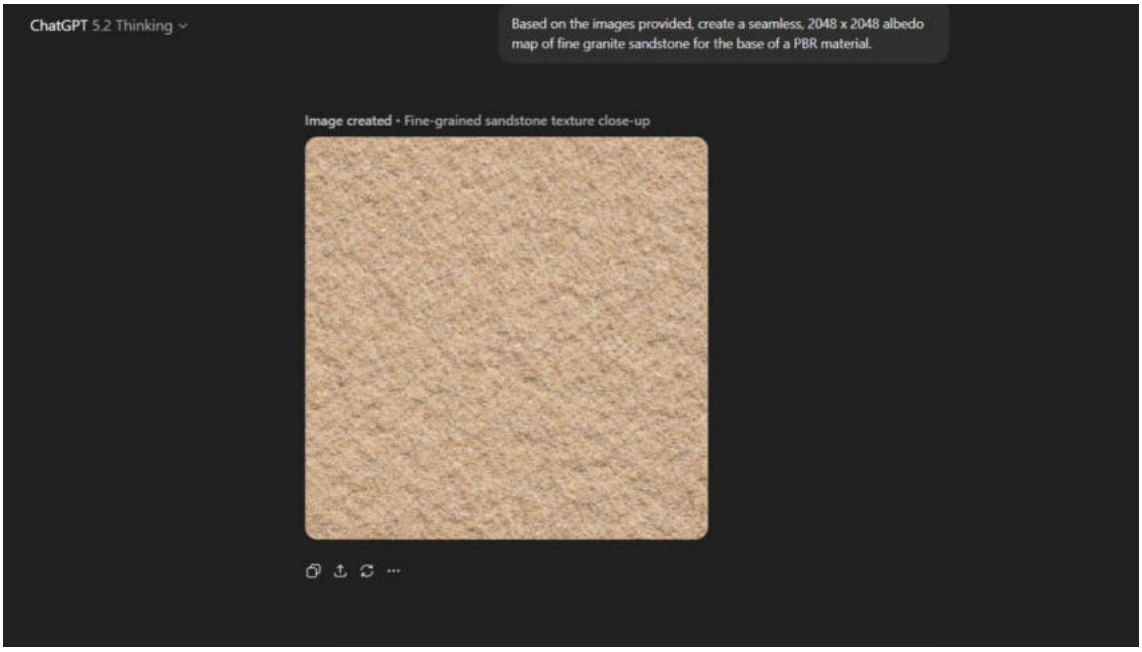


Figura 3. Proceso de síntesis mediante IA en ChatGPT.

Fuente: elaboración propia.

De este modo, al tener como base el mapa de *albedo* sintetizado por la IA, se procedió a la generación del conjunto completo de mapas que conforman un material PBR físicamente coherente dentro del entorno de GIMP. Este paso crítico de derivación convirtió la imagen base en un sistema de materiales listo para la renderización realista (figura 4).

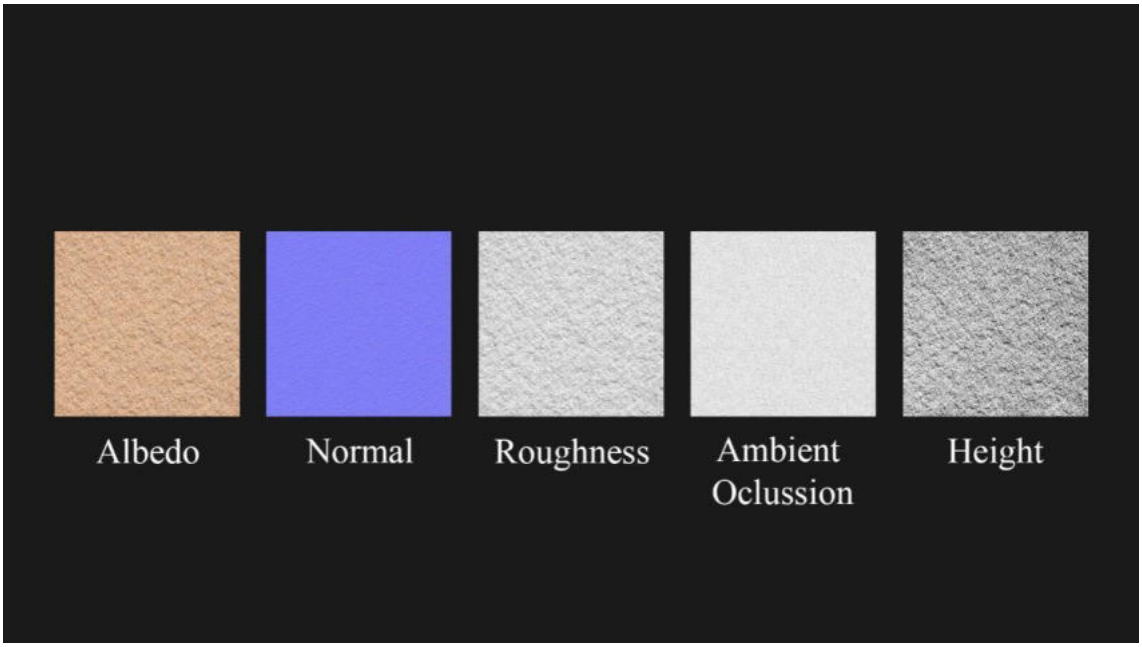


Figura 4. Mapas resultantes tras el postproceso en Gimp.

Fuente: elaboración propia.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 110-126

DOI:
https://doi.org/10.56519/9t660p37
Agosto 2026

La figura 4 muestra el conjunto de mapas PBR derivados de Gimp a partir del Albedo sintetizado por IA. La figura muestra todo el conjunto de mapas que en conjunto conforman el material físicamente basado: *Albedo*, que da el color al material; *Normal*, que se encarga de la micro geometría superficial del granito; *Roughness*, que define la variación del brillo especular; Oclusión ambiental (AO), que simula el sombreado en concavidades y juntas; y mapa de Altura (*height*), destinado a efectos de desplazamiento o *parallax*. La coherencia visual entre los mapas confirma la validez del *albedo* generado por IA como base para una derivación físicamente plausible.

Tras la obtención de todos los mapas que conforman el material PBR, *albedo, normales, rugosidad, altura y oclusión ambiental*, la siguiente fase consistió en su integración técnica dentro del entorno de Blender. Para ello se configuro un material bajo el motor de renders *Cycles* dentro del editor de nodos, donde se evidencia cómo estos cinco mapas se conectan sistemáticamente a las entradas correspondientes del shader *Principled BSDF*.

Esta configuración nodal es fundamental, ya que establece las relaciones físicas precisas entre las propiedades superficiales definidas por cada textura, transformando el conjunto de imágenes independientes en un material digital unificado, físicamente coherente y listo para ser aplicado a la geometría del modelo patrimonial (figura 5).

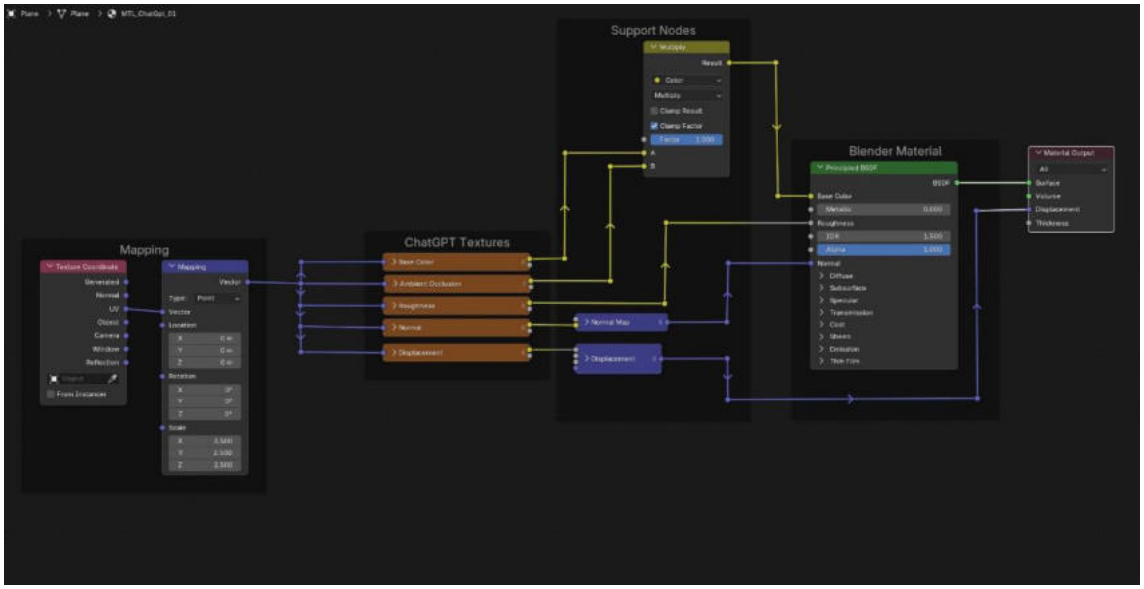


Figura 5. Configuración nodal de material en Blender.

Fuente: elaboración propia.

Captura del editor de nodos que muestra la conexión sistemática de los cinco mapas de textura generados (Figura 5) (*albedo, normal, roughness, height y ambient oclusión*) a sus correspondientes sockets de entrada en un shader Principled BSDF. Esta configuración establece las relaciones físicas entre las propiedades superficiales, transformando las imágenes independientes en un material digital unificado y listo para su aplicación en el modelo 3D patrimonial.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 110-126
DOI:
https://doi.org/10.56519/9t660p37
Agosto 2026

Tras la creación del material y su correcta configuración en el editor de nodos, se procedió a una fase de validación preliminar asignándolo a geometrías de prueba primitivas –un plano, un cubo y un cilindro–. Este paso permitió verificar *in situ* el comportamiento físico del material bajo diferentes orientaciones superficiales y condiciones de iluminación, asegurando la coherencia de los mapas PBR y la ausencia de artefactos visuales antes de su aplicación definitiva al elemento ornamental histórico de la Iglesia de Santa María de Sar (figura 6).

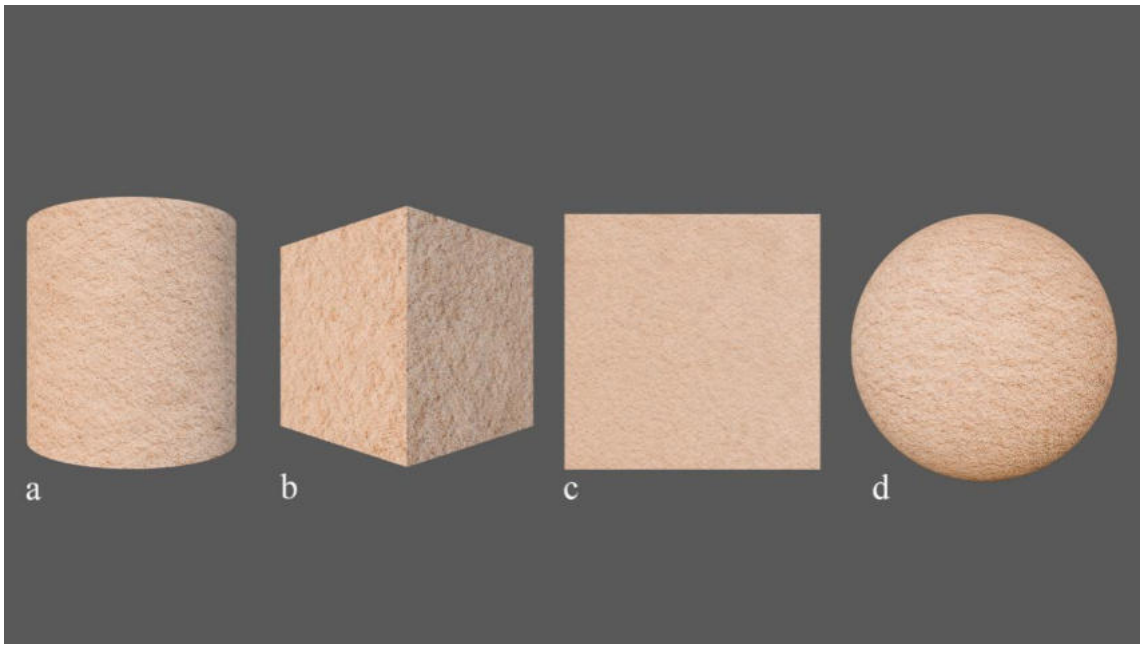


Figura 6. Validación preliminar en geometrías primitivas.

Fuente: elaboración propia.

La figura 6 muestra el render del material PBR final aplicado a modelos 3D básicos (cilindro, cubo, plano, esfera) para evaluar su comportamiento físico bajo diferentes orientaciones superficiales y condiciones de iluminación controlada. Esta etapa permitió verificar la coherencia de los mapas, la correcta proyección de las texturas y la respuesta visual unificada del material antes de su asignación al elemento patrimonial histórico.

Tras su comprobación preliminar en geometrías de prueba, se procedió a la validación visual final asignando el material a un elemento patrimonial específico: un capitel ornamentado ubicado en techo interior de la nave central de la Iglesia de Santa María de Sar. Para esta evaluación se empleó una iluminación HDRi de entorno, que simula condiciones lumínicas realistas y permite evaluar de manera integral la respuesta física del material su interacción con la luz, el comportamiento especular y la percepción del relieve, así como su coherencia visual dentro del contexto arquitectónico histórico para el cual fue concebido (Figura 7).

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 110-126

DOI:
https://doi.org/10.56519/9t660p37
Agosto 2026



Figura 7. Validación final en contexto patrimonial.

Fuente: elaboración propia

La Figura 7 es un render a un capitel ornamentado del interior de la iglesia de Santa María de Sar con el material PBR aplicado. La evaluación se realizó bajo iluminación HDRi, lo que permitió analizar *in situ* la respuesta física del material, su interacción realista con la luz, el comportamiento especular y la percepción del relieve y su coherencia visual dentro del contexto arquitectónico histórico para el cual fue concebido.

La integración final del material sintetizado en el elemento patrimonial objetivo, junto con el conjunto completo de mapas PBR y su configuración técnica documentada, constituye el resultado tangible del flujo de trabajo propuesto. Estos resultados visuales y técnicos, sin embargo, abren una serie de interrogantes sobre la eficacia, las limitaciones y el significado metodológico del proceso llevado a cabo, aspectos que serán analizados críticamente en la siguiente sección de discusión.

DISCUSIÓN

La implementación exitosa del flujo de trabajo plantea una respuesta afirmativa, aunque matizada, a la pregunta de investigación sobre la viabilidad técnica y coherencia estética de integrar IA generativa en la producción de materiales PBR patrimoniales. La viabilidad técnica se demuestra no solo en la eficiencia temporal con la generación del albedo en minutos contrasta radicalmente con las horas o días de modelado manual subjetivo (24) o con el procesamiento complejo de la fotogrametría para limpiar texturas degradadas, sino en la perfecta integración del output sintético en un pipeline PBR industrial estándar.

Sin embargo, esta eficiencia conlleva una transferencia de la carga de trabajo: mientras métodos tradicionales como la fotogrametría aunque precisa, captura inevitablemente el deterioro actual, requiriendo horas o días de limpieza manual de texturas para

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 110-126
DOI: https://doi.org/10.56519/9t660p37
Agosto 2026

eliminar pátinas y alteraciones anacrónicas (16, 17, 19). Por su parte, el modelado manual permite mayor control creativo, pero su calidad depende críticamente de la habilidad subjetiva del artista digital, con tiempos de producción que pueden extenderse a varias jornadas por material (20, 21). En contraste, el método aquí propuesto desplaza el esfuerzo crítico desde la ejecución técnica hacia la fase de especificación histórica y prompt engineering, reduciendo la generación del albedo a minutos, aunque trasladando la pericia al dominio de la investigación histórica y la dirección del modelo de IA (23, 27).

Así, la coherencia estética alcanza un nivel de plausibilidad histórica contextualizada, es decir, un criterio distinto al de calidad documental de métodos tradicionales. Pues, la fotogrametría brinda una representación con exactitud del estado actual de deterioro; por lo que, el modelado manual suele prometer a una recreación históricamente precisa que se limita por la habilidad subjetiva del creador y su interpretación.

Entonces, la IA guiada por referencias visuales específicas del sitio (Fig. 2) creó una textura que evocó contextualmente el material histórico para llenar un vacío entre lo existente y la hipótesis de lo perdido; pese a que esta capacidad haya estado estructuralmente limitada por la naturaleza estocástica y los sesgos de los modelos de difusión. Así, a diferencia de un escáner láser y/o una cámara métrica, DALL-E 3 que no mide ni suele replicar; se interpretó basándose en distribuciones estadísticas del conjunto de entrenamiento. Esto lo hace propenso a generar anomalías o texturas genéricas ("*average stone*") cuando las referencias son ambiguas o el *prompt* es impreciso, un riesgo inexistente en métodos de captura directa.

Estas limitaciones técnicas están intrínsecamente ligadas a implicaciones éticas profundas. El uso de IA generativa en patrimonio cultural reactiva debates clásicos sobre autenticidad y autoridad interpretativa (29). Un modelo entrenado predominantemente con datos de internet perpetúa y amplifica sesgos culturales y estéticos contemporáneos, pudiendo generar una visión anacrónica o occidentalizada de materiales históricos.

Por consiguiente, la transparencia (*paradata*) resulta un imperativo ético de que cualquier aplicación de este método deberá declarar específicamente la naturaleza sintética e/o interpretativa de las texturas al diferenciarlas de los datos de captura directos y/o documentados durante el proceso de *prompt engineering*, así como las referencias utilizadas. Lo que, causa la alineación con los principios de la London Charter (2009) (14) para evitar la creación de un patrimonio especulativo con la autoridad falsa de un documento histórico.

Las implicaciones prácticas son duales porque, por un lado, esta tecnología democratiza parcialmente el origen de materiales de alta fidelidad, ya que permiten a equipos con menos recursos especializados en arte digital a crear prototipos visuales para estudios de viabilidad con propuestas de financiamiento y/o experiencias educativas. Así, por otro lado, se origina una nueva dependencia de plataformas y modelos comerciales cuyos algoritmos, costos y condiciones de uso suelen ser cambiantes arbitrariamente con la vulnerabilidad de que no afecta los métodos tradicionales con base en software de código abierto y/o técnicas fotogramétricas autónomas.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 110-126
DOI: https://doi.org/10.56519/9t660p37
Agosto 2026

El futuro de esta línea de trabajo debería centrarse solo en desarrollar modelos de dominio específico entrenados con corpus patrimoniales curados éticamente, y en la integración de la IA híbridamente; por ejemplo, al usar la fotogrametría para proporcionar la geometría y la estructura macrotextual, y al utilizar la IA para inferir y sintetizar la micro-textura y los colores originales perdidos. De esta manera, la IA no reemplazaría las metodologías, sino que se integraría para superar sus respectivas limitaciones bajo un marco de transparencia y rigor crítico para el investigador y/o creador, y no al algoritmo como una autoridad en la interpretación del pasado.

CONCLUSIONES

Este estudio desarrolló y validó un flujo de trabajo operativo que integró la síntesis de IA en la producción de materiales PBR para la visualización patrimonial histórica. Los resultados demostraron que, bajo un marco de especificación histórica *y prompt engineering* precisos, es posible crear materiales digitales con una plausibilidad estético-histórica correctos para contextos de divulgación, estudios preliminares y/o hipótesis de restitución.

La principal respuesta a la pregunta de investigación fue afirmativa porque la integración de IA generativa en este pipeline fue viable técnicamente y, estéticamente, coherente, aunque su valor no haya radicado en la automatización, sino en la formalización de un nuevo proceso de traducción.

Así, el método lo convirtió en el conocimiento experto y, en un protocolo replicable de historia que, puede dirigir a la generación futura y sintética hacia un objetivo patrimonial concreto al superar la mera generación aleatoria.

No obstante, como evidencia, queda esta capacidad que no sustituye la evidencia material ni la captura directa; por el contrario, reconfiguró el rol del investigador y/o creador en su papel de ejecutor manual a director de IA porque su autoridad crítica se ejerció en la fase de especificación y validación, no en la de ejecución.

Por ello, la contribución última de este trabajo trascendió como el resultado técnico específico al ofrecer un modelo metodológicamente transparente que documentó paso a paso su adaptabilidad y mejoramiento por la comunidad. Es entonces que, plantea y, además realiza una pregunta fundamental para el futuro de la humanidad digital: ¿cómo se diseñarán las herramientas de IA que no, únicamente, aceleren procesos, sino que amplifiquen y formalicen el rigor interpretativo del especialista?

Por ello, se recomienda que futuras investigaciones exploren (1) el desarrollo de *prompts* estandarizados para las categorías de materiales patrimoniales históricos, la (2) integración híbrida con datos de fotogrametría para guiar la síntesis geométricamente, y la (3) creación de modelos de dominio específicos entrenados con corpus patrimoniales curados.

Porque solo de esta manera la IA dejará de representar una caja negra creativa unitaria y se convertirá en un instrumento crítico, analítico, reproducible y ético que estará a favor del servicio de la interpretación y comunicación del patrimonio histórico digital.

En definitiva, esta investigación se presenta como herramienta complementaria de un kit digital para el especialista en patrimonio histórico porque válida contextos donde el balance entre eficiencia, plausibilidad histórica y transparencia metodológica el espacio es explícito y éticamente gestionado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su sincero agradecimiento a la Fundación Catedral de Santiago de Compostela por facilitar el acceso a sus instalaciones y bienes patrimoniales, cuya colaboración fue fundamental para la realización de este estudio. Asimismo, extienden un especial reconocimiento a la Doctora Ana Laura Gómez por su valiosa asistencia técnica en la revisión del manuscrito, y al Doctor Alfonso Vázquez por su orientación y recomendaciones técnicas, que contribuyeron significativamente al desarrollo y mejora de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Storeide MB, George S, Sole A, et al. Standardization of digitized heritage: A review of implementations of 3D in cultural heritage. Herit Sci. 2023;11:249. doi: 10.1186/s40494-023-01079-z.
2. Markiewicz J, Kot P, Georgopoulos A, et al. Transforming architectural heritage documentation: Developing integrated European recommendations for safeguarding and preservation. npj Herit Sci. 2025;13:622. doi: 10.1038/s40494-025-02200-0.
3. Lang M, Salcedo Paparoni V. Scanning authenticity: On the limits of 3D representation in museums. ISPRS Ann Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci. 2025; X-M-2-2025:193-199. DOI: 10.5194/isprs-annals-X-M-2-2025-193-2025.
4. Wu L, Yu R, Su W, Ye S. Design and implementation of a metaverse platform for traditional culture: The chime bells of Marquis Yi of Zeng. Herit Sci. 2022;10:193. doi: 10.1186/s40494-022-00828-w.
5. Alshawabkeh Y, Baik A. Integration of photogrammetry and laser scanning for enhancing scan-to-HBIM modeling of Al Ula heritage site. Herit Sci. 2023;11:147. doi: 10.1186/s40494-023-00997-2.
6. Stamnas A, Kaimaris D, Georgiadis C, Patias P. Comparing 3D digital technologies for archaeological fieldwork documentation: The case of Thessaloniki Toumba excavation, Greece. Int Arch Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci. 2021;XLVI-M-1-2021:713-720. doi: 10.5194/isprs-archives-XLVI-M-1-2021-713-2021.
7. Llabani A, Abazaj F. 3D documentation of cultural heritage using terrestrial laser scanning. J Appl Eng Sci. 2024;22(2):267-271. doi: 10.5937/jaes0-50414.
8. Sanmartín P, Sanjurjo-Sánchez J, Prieto B. Covering layers on granite buildings of Northwestern Iberian Peninsula: When observable characteristics and lab characterization do not match. Coatings. 2020;10(2):137. doi: 10.3390/coatings10020137.

9. Mishra M, Lourenço PB. Artificial intelligence-assisted visual inspection for cultural heritage: State-of-the-art review. J Cult Herit. 2024;66:536-550. doi: 10.1016/j.culher.2024.01.005.
10. Jáidar Benavides Y, Magar Meurs V, Ruiz Martín MC, editors. Criterios de conservación del patrimonio en piedra. México: Secretaría de Cultura / INAH / UNAM-IIE / ICCROM; 2025. Disponible en: https://www.iccrom.org/es/publication/criterios-de-conservaci%C3%B3n-del-patrimonio-en-piedra
11. Pietroni E, Ferdani D. Virtual restoration and virtual reconstruction in cultural heritage: Terminology, methodologies, visual representation techniques and cognitive models. Information. 2021;12(4):167. doi: 10.3390/info12040167.
12. Apollonio FI. The three-dimensional model as a "scientific fact": The scientific methodology in hypothetical reconstruction. Heritage. 2024;7(10):5413-5427. doi: 10.3390/heritage7100255.
13. Fallavollita F, Foschi R, Apollonio FI, Cazzaro I. Terminological study for scientific hypothetical 3D reconstruction. Heritage. 2024;7(9):4755-4767. doi: 10.3390/heritage7090225.
14. The London Charter. The London Charter for the computer-based visualisation of cultural heritage. Version 2.1. 2009. Disponible en: https://londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london_charter_2_1_en_edits.pdf
15. The Seville Principles. The Seville Principles: International principles of virtual archaeology. 2017. Disponible en: https://icomos.es/wp-content/uploads/2020/06/Seville-Principles-IN-ES-FR.pdf
16. Xing Y, et al. A scoping review of photogrammetry in cultural building heritage. Electronics. 2025;14(18):3666. doi: 10.3390/electronics14183666.
17. Brůha L, et al. Reconstruction of lost cultural heritage sites and landscapes: Context of ancient objects in time and space. ISPRS Int J Geo-Inf. 2020;9(10):604. doi: 10.3390/ijgi9100604.
18. De Fino M, Galantucci RA, Fatiguso F. Condition assessment of heritage buildings via photogrammetry: A scoping review from the perspective of decision makers. Heritage. 2023;6(11):7031-7066. doi: 10.3390/heritage6110367.
19. Vico-García D, Mozas-Calvache AT, et al. Proposal of radiometric correction for the in-situ modelling of polychrome religious carvings. Int Arch Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci. 2025;XLVIII-M-9-2025:1563-1568. doi: 10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-9-2025-1563-2025.
20. González ER. La reconstrucción virtual aplicada al patrimonio como herramienta para la investigación y la divulgación: El ejemplo del sacrificio ritual del patio del yacimiento de Casas del Turuñuelo (Guareña, Badajoz, España). Cuad Prehist Arqueol Univ Granada. 2024;34:85-114.
21. Chen Y, Nie Y, Ummenhofer B, Birkl R, Paulitsch M, Nießner M. PBR-SR: Mesh PBR texture super resolution from 2D image priors. arXiv. 2025. doi: 10.48550/arXiv.2506.02846.
22. Spennemann DHR. Generative artificial intelligence, human agency and the future of cultural heritage. Heritage. 2024;7(7):3597-3609. doi: 10.3390/heritage7070170.

23. Rombach R, Blattmann A, Lorenz D, Esser P, Ommer B. High-resolution image synthesis with latent diffusion models. En: Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2022. p. 10684-10695. doi: 10.1109/CVPR52688.2022.01042.
24. Witte J, Lee E, Brausem L, Shillabeer V, Bonacchi C. Generative AI in heritage practice: Improving the accessibility of heritage guidance. Heritage. 2025;8(12):513. doi: 10.3390/heritage8120513.
25. Xu J, Yan L, Zhang R, Zhou M. A review of the development and application of generative technology in digital museums. npj Herit Sci. 2025;13(1):589. doi: 10.1038/s40494-025-02164-1.
26. Chen G, Tong Y, Wu Y, Wu Y, Liu Z, Huang J. Reconstruction of cultural heritage in virtual space following disasters. Buildings. 2025;15(12):2040. doi: 10.3390/buildings15122040.
27. Bender EM, Gebru T, McMillan-Major A, Shmitchell S. On the dangers of stochastic parrots: Can language models be too big? En: Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (FAccT '21). 2021. p. 610-623. doi: 10.1145/3442188.3445922.
28. Pineau J, Vincent-Lamarre P, Sinha K, Larivière V, Beygelzimer A, d'Alché-Buc F, Fox E, Larochelle H. Improving reproducibility in machine learning research: A report from the NeurIPS 2019 reproducibility program. arXiv. 2020. doi: 10.48550/arXiv.2003.12206.
29. Champion EM, editor. Virtual heritage: A guide. London: Ubiquity Press; 2021.
30. Pescarin S, Cerato I, Ciortan IM, Città G, Clay A, Spotti S, Sotiropoulou S, Trumpy G. Authenticity in the design of digital heritage applications. En: Chromatic Visions. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 15750. Cham: Springer; 2025. p. 81-127. doi: 10.1007/978-3-032-07792-9_3.
31. Pansoni S, Tiribelli S, Paolanti M, Di Stefano F, Frontoni E, Malinverni ES, Giovanola B. Artificial intelligence and cultural heritage: Design and assessment of an ethical framework. Int Arch Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci. 2023; XLVIII-M-2-2023:1149-1155. doi: 10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-2-2023-1149-2023.
32. Tiribelli S, Pansoni S, Frontoni E, Giovanola B. Ethics of artificial intelligence for cultural heritage: Opportunities and challenges. IEEE Trans Technol Soc. 2024;5(3):293-305. doi: 10.1109/TTS.2024.3432407.
33. Creswell JW, Poth CN. Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches. 4th ed. Thousand Oaks: SAGE Publications; 2018.
34. Münster S, Apollonio FI, Bluemel I, Fallavollita F, Foschi R, Grellert M, Ioannides M, Jahn PH, Kurdiovsky R, Kuroczyński P, Lutteroth JE, Messemer H, Schelbert G. Scholarly method. En: Handbook of digital 3D reconstruction of historical architecture. Cham: Springer; 2024. p. 41-64. doi: 10.1007/978-3-031-43363-4_3.
35. McKenney S, Reeves TC. Conducting educational design research. 2nd ed. London: Routledge; 2019. doi: 10.4324/9781315105642.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 127-145

DOI:
https://doi.org/10.56519/r001qm43
Agosto 2026

VALORIZACIÓN BIOTECNOLÓGICA DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES ECUATORIANOS PARA BIOINSUMOS Y BIOPRODUCTOS: REVISIÓN APLICADA CON MATRIZ DE DECISIÓN

BIOTECHNOLOGICAL VALORIZATION OF ECUADORIAN AGROINDUSTRIAL RESIDUES FOR BIOINPUTS AND BIOPRODUCTS: AN APPLIED REVIEW WITH A DECISION MATRIX

Carlos Jamil Bastidas Sánchez[1]

{cbastidass@unemi.edu.ec[1]}

Fecha de recepción: 08/07/2026 / Fecha de aceptación: 13/08/2026 / Fecha de publicación: 25/08/2026

RESUMEN: La agroindustria ecuatoriana genera subproductos asociados a las cadenas de banano, cacao, arroz, caña de azúcar, maíz, cítricos y camarón, muchos de los cuales se descartan sin aprovechamiento. Estos materiales contienen fibras, carbohidratos, proteínas, compuestos fenólicos, pectinas, polisacáridos y quitina susceptibles de transformación mediante rutas biotecnológicas. Se desarrolló una investigación documental, no experimental, de alcance descriptivo-comparativo, orientada a analizar su potencial para obtener bioinsumos y bioproductos. La búsqueda reproducida en Scopus para 2022–2026 recuperó 459 resultados en la interfaz y 455 registros únicos en el archivo exportado; el corpus final integró 45 fuentes científicas seleccionadas por pertinencia y trazabilidad. La información se organizó en una matriz de decisión con cinco criterios: disponibilidad del residuo, potencial biotecnológico, diversidad de productos, aplicabilidad productiva y aporte ambiental. Los residuos se agruparon en materiales lignocelulósicos, subproductos con contenido funcional relevante y residuos acuícolas orientables hacia biopolímeros. Banano y cacao alcanzaron la mayor prioridad; caña de azúcar, camarón, cítricos y arroz también se clasificaron como de prioridad alta, mientras que maíz obtuvo prioridad media. Se concluye que los residuos agroindustriales ecuatorianos presentan un potencial de valorización diferenciado; dentro del alcance documental y de la matriz empleada, banano y cacao constituyen las alternativas iniciales más favorables, aunque su implementación debe confirmarse mediante caracterización local y evaluaciones técnicas, económicas y ambientales.

Palabras clave: Biotecnología industrial, biomasa residual, economía circular, fermentación, biofertilizantes, sostenibilidad productiva

[1]Facultad Ciencias de la Ingeniería, Universidad Estatal de Milagro, Ecuador, https://orcid.org/0000-0003-1018-6956; 0997003130

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 127-145
DOI: https://doi.org/10.56519/r001qm43
Agosto 2026

ABSTRACT: Ecuadorian agroindustry generates by-products from banana, cocoa, rice, sugarcane, maize, citrus and shrimp chains, many of which are discarded without recovery. These materials contain fibers, carbohydrates, proteins, phenolic compounds, pectins, polysaccharides and chitin that can be transformed through biotechnological routes. A non-experimental documentary study with a descriptive-comparative scope was conducted to analyze their potential for producing bioinputs and bioproducts. The reproducible Scopus search for 2022–2026 retrieved 459 results in the interface and 455 unique records in the exported file; the final corpus comprised 45 scientific sources selected for relevance and traceability. The information was organized in a decision matrix using five criteria: residue availability, biotechnological potential, product diversity, productive applicability and environmental contribution. Residues were grouped into lignocellulosic materials, by-products with relevant functional content and aquaculture residues suitable for biopolymer production. Banana and cocoa achieved the highest priority; sugarcane, shrimp, citrus and rice were also classified as high priority, whereas maize obtained medium priority. It is concluded that Ecuadorian agroindustrial residues have differentiated valorization potential; within the documentary scope and the matrix applied, banana and cocoa are the most favorable initial alternatives, although their implementation requires local characterization and specific technical, economic and environmental assessments.

Keywords: Industrial biotechnology, residual biomass, circular economy, fermentation, biofertilizers, productive sustainability

INTRODUCCIÓN

Dentro de la estructura productiva del Ecuador, la agroindustria vinculada al banano, cacao, arroz, caña de azúcar, maíz, cítricos y camarón genera, además de sus productos comerciales, una cantidad significativa de subproductos que no ingresan a ningún canal de aprovechamiento posterior. Cáscaras, bagazos, cascarillas, pseudotallos, raquis, pulpas, mucílagos y exoesqueletos quedan fuera del producto final en cada ciclo productivo. Aunque su manejo habitual los sitúa como material de descarte, análisis fisicoquímicos de estos subproductos revelan la presencia de fibras, carbohidratos, proteínas, compuestos fenólicos, pectinas y polisacáridos cuya utilidad en procesos agrícolas e industriales ha sido confirmada en distintos estudios (1,2).

Cuando no se establece un mecanismo de recuperación, esta biomasa puede afectar los suelos y las fuentes hídricas o perderse sin que sus componentes tengan un uso posterior. El esquema lineal de extracción, procesamiento y eliminación del residuo mantiene presiones ambientales en las zonas productivas. Esta problemática ha sido descrita en literatura internacional y regional sobre residuos agroindustriales y su transformación en recursos (2–4).

La proporción y las características de los residuos varían según la cadena productiva, la fracción del material procesado y el nivel tecnológico empleado. En Ecuador se han estudiado la cascarilla de arroz, el bagazo de caña, las cáscaras de cacao y otras

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 127-145
DOI: https://doi.org/10.56519/r001qm43
Agosto 2026

biomasas; sin embargo, esos trabajos suelen analizar un residuo o una ruta de forma aislada, lo que dificulta una comparación conjunta(1–3,5,6)

Entre las alternativas documentadas para modificar esa situación, la biotecnología aplicada ha ganado relevancia porque permite, mediante procesos biológicos controlados, convertir materiales residuales en productos con aplicación concreta. Rutas como la fermentación en estado sólido, la fermentación sumergida, la hidrólisis enzimática, la digestión anaerobia y la bioconversión microbiana han mostrado capacidad para generar biofertilizantes, bioplaguicidas, enzimas, biopolímeros, bioetanol, biogás y compuestos antioxidantes a partir de distintos tipos de biomasa. La elección de una u otra ruta no responde únicamente al tipo de residuo disponible, sino que también está condicionada por su estabilidad fisicoquímica, la regularidad con que puede obtenerse y el uso previsto para el producto final (7–10).

Los residuos no se comportan de la misma manera frente a su aprovechamiento, ya que su respuesta depende de la composición de cada uno. Materiales como el bagazo, la cascarilla, la paja y los pseudotallos, de naturaleza lignocelulósica, pueden aprovecharse como sustratos de fermentación o como fuente para la generación de energía (4,11,12). Sin embargo, usarlos directamente resulta poco eficiente debido a la recalcitrancia que caracteriza a la matriz lignocelulósica. Dentro de estos materiales, la celulosa se dispone en microfibrillas cuyas zonas cristalinas se mantienen cohesionadas por una red de puentes de hidrógeno, y todo ello queda embebido en una matriz formada por hemicelulosa y lignina. Esta organización estructural disminuye la porosidad del material y dificulta que microorganismos y enzimas hidrolíticas alcancen los enlaces glucosídicos. A esto se suma que la lignina opera como barrera física y puede propiciar que las enzimas se adsorban de forma no productiva. Por estas razones, dichas biomasas suelen necesitar pretratamientos de tipo físico, químico o biológico y una posterior hidrólisis, para que sus carbohidratos logren transformarse de manera eficiente en azúcares fermentables (1,4,11–13).

Las cáscaras de cacao y de cítricos presentan un perfil diferente: en ellas destaca la presencia de compuestos bioactivos, pectinas y fracciones antioxidantes con posibles aplicaciones farmacológicas y agroalimentarias En el caso del mucílago de cacao, su porción soluble está compuesta sobre todo por glucosa, fructosa y sacarosa, moléculas de bajo peso molecular que levaduras y bacterias pueden asimilar sin una despolimerización extensa. Esta disponibilidad facilita la fermentación, aunque el elevado contenido de agua, el rápido deterioro microbiológico y la variabilidad de la composición pueden complicar el almacenamiento y la estandarización del proceso (14,15).

Un panorama distinto ofrece los residuos de la industria camaronera. La quitina, las proteínas y los minerales presentes en ellos permiten obtener quitosano, hidrolizados proteicos y biomateriales útiles en agricultura, alimentación y tratamiento de aguas. La quitina es un polisacárido lineal de N-acetil-D-glucosamina con enlaces β-(1→4), elevada cristalinidad y baja solubilidad. En el exoesqueleto se encuentra asociada con proteínas y carbonato de calcio, por lo que su recuperación exige desmineralización y desproteinización; posteriormente se aplica desacetilación para obtener quitosano o hidrólisis para generar oligómeros y aminoazúcares. Estos procedimientos consumen

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 127-145
DOI: https://doi.org/10.56519/r001qm43
Agosto 2026

reactivos y energía y pueden generar efluentes que deben tratarse (16–19). Así, mientras el mucílago puede emplearse como sustrato fermentativo con menor acondicionamiento, el residuo de camarón requiere separación y modificación estructural.

Ecuador presenta condiciones favorables porque varias cadenas generan subproductos durante buena parte del año y algunos residuos se concentran en empacadoras, ingenios, piladoras o plantas procesadoras. No obstante, la disponibilidad operativa no es uniforme: depende de la estacionalidad, la humedad, la dispersión territorial y la capacidad de almacenamiento. Banano y cacao ofrecen una generación relativamente regular, mientras que maíz y cítricos presentan variaciones más marcadas que deben incorporarse al dimensionamiento de los procesos (5,20–23).

El problema persiste en otro nivel. La información disponible sobre aprovechamiento de estos residuos aparece distribuida en investigaciones que abordan materiales o procesos puntuales, sin que exista todavía una síntesis que permita vincular el tipo de biomasa con la tecnología aplicable y el producto que se puede obtener. Para quienes toman decisiones en el sector productivo o diseñan líneas de investigación, esa dispersión representa un obstáculo concreto a la hora de establecer prioridades.

Partiendo de esa brecha, este trabajo sostiene que los residuos agroindustriales del Ecuador presentan un potencial de valorización biotecnológica diferenciado según su composición y las tecnologías disponibles para cada tipo de biomasa. Con ese propósito, se revisó la literatura científica disponible sobre procesos de transformación aplicables a distintos tipos de biomasa residual y se construyó una herramienta comparativa que permite relacionar cada residuo con su ruta de procesamiento y los productos que pueden obtenerse a partir de él. Los resultados buscan apoyar la identificación de alternativas prioritarias, orientar futuras líneas de investigación y aportar elementos concretos para el diseño de estrategias de economía circular dentro de la agroindustria ecuatoriana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión documental descriptiva y comparativa para identificar rutas de valorización biotecnológica aplicables a residuos de banano, cacao, arroz, caña de azúcar, maíz, cítricos y camarón. Estas cadenas se seleccionaron por su relevancia productiva, generación recurrente de subproductos y disponibilidad de evidencia científica sobre su transformación (3,5,7,16,21,22,24–30).

La búsqueda bibliográfica se actualizó y reprodujo en Scopus el 14 de julio de 2026. Se ejecutó la siguiente ecuación en los campos de título, resumen y palabras clave:

TITLE-ABS-KEY(("agro-industrial waste" OR "agroindustrial residue*" OR "agricultural by-product*" OR "residual biomass") AND (banana OR cacao OR cocoa OR rice OR sugarcane OR maize OR corn OR citrus OR shrimp) AND ("biotechnological valorization" OR bioconversion OR fermentation OR "enzymatic hydrolysis" OR biofertilizer* OR biopolymer* OR chitosan OR pectin OR bioethanol OR biogas)) AND PUBYEAR > 2021*

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 127-145
DOI: https://doi.org/10.56519/r001qm43
Agosto 2026

AND PUBYEAR < 2027 AND (LIMIT-TO(DOCTYPE,"ar") OR LIMIT-TO(DOCTYPE,"re")) AND (LIMIT-TO(LANGUAGE,"English") OR LIMIT-TO(LANGUAGE,"Spanish"))

La búsqueda se limitó al periodo 2022-2026, a artículos originales y revisiones publicados en revistas científicas, en estado final y escritos en inglés o español. Con estos parámetros se recuperaron 459 registros.

La consulta mostró 459 resultados en la interfaz de Scopus. El CSV exportado contenía 455 títulos únicos; 454 disponían de DOI y EID, y uno carecía de ambos identificadores. La comparación por DOI, EID y título no mostró duplicados. Se excluyeron de la síntesis los documentos sin información directamente extraíble sobre composición, proceso, producto, rendimiento o aplicación, así como los temáticamente redundantes.

La comparación entre la exportación y la bibliografía identificó 16 publicaciones del corpus final procedentes de la búsqueda reproducida. Se añadieron 29 fuentes de búsquedas previas y rastreo retrospectivo para cubrir contexto ecuatoriano, análisis multicriterio y rendimientos experimentales. El corpus final reunió 45 fuentes únicas, organizadas por residuo, composición, proceso, producto, rendimiento y aplicación (1,7).

La trazabilidad se verificó mediante el índice de consistencia de la fuente (ICF), definido como:

$$\mathrm{ICF}_k = \frac{D_k + T_k + F_k + R_k + E_k}{5} \qquad 1)$$

En la ecuación, D_k indicó la presencia de DOI o identificador persistente; T_k, el cumplimiento del intervalo temporal; F_k, la publicación final en una revista científica; R_k, la relación directa con el objeto estudiado; y E_k, la disponibilidad de información extraíble. Cada componente recibió 0 o 1 y se exigió $\mathrm{ICF}_k \geq 0{,}80$. Cuarenta y una fuentes alcanzaron 1,00; las referencias (21,31–33) obtuvieron 0,80 por ser anteriores a 2022, pero se conservaron por sus balances cuantitativos. El ICF evaluó trazabilidad documental, no riesgo de sesgo.

La matriz de decisión incluyó cinco criterios: disponibilidad, potencial biotecnológico, diversidad de productos, aplicabilidad productiva y aporte ambiental, tomando como referencia enfoques multicriterio aplicados a residuos agrícolas (34,35). Los puntajes s_{ij} se asignaron en una escala ordinal de 1 a 3 según la Tabla 1. Ante evidencia insuficiente o contradictoria se adoptó el nivel inferior.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 127-145
DOI: https://doi.org/10.56519/r001qm43
Agosto 2026

Tabla 1. Criterios y reglas operativas utilizadas para la matriz de decisión.

Criterio	1 = Bajo	2 = Medio	3 = Alto
Disponibilidad	Generación limitada, localizada o irregular	Generación estacional o de alcance regional	Generación continua o de alta escala, respaldada documentalmente
Potencial biotecnológico	Una ruta preliminar de aprovechamiento	Dos rutas o evidencia principalmente de laboratorio	Tres o más rutas diferenciadas, respaldadas por al menos dos fuentes
Diversidad de productos	Una familia de productos	Dos o tres familias de productos	Cuatro o más familias de productos
Aplicabilidad productiva	Una aplicación conceptual	Aplicación en dos sectores o validación de laboratorio	Aplicación documentada en tres o más sectores o evidencia piloto/productiva
Aporte ambiental	Beneficio no demostrado	Un beneficio documentado o evidencia cualitativa	Dos o más beneficios respaldados por al menos dos fuentes

Fuente: Elaboración propia con base en enfoques multicriterio y ambientales (34,35).

Para diversidad, bioetanol, biogás y bioenergía se contaron como una familia; quitina, quitosano y biomateriales derivados se agruparon como biopolímeros, evitando duplicar productos de una misma ruta.

Los puntajes se normalizaron en el intervalo de 0 a 1 mediante la expresión:

$$z_{ij} = \frac{s_{ij} - 1}{2} \qquad 2)$$

No se realizaron consultas Delphi ni se aplicaron métodos estadísticos para estimar la importancia relativa de los criterios. Debido a que no existía evidencia empírica suficiente para establecer una jerarquía entre ellos, se adoptó el vector de ponderación uniforme:

$$w = (0{,}20;\ 0{,}20;\ 0{,}20;\ 0{,}20;\ 0{,}20) \qquad 3)$$

El índice de prioridad de cada residuo se calculó mediante:

$$P_i = \sum_{j=1}^{5} w_j z_{ij} \qquad 4)$$

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 127-145
DOI: https://doi.org/10.56519/r001qm43
Agosto 2026

Se estableció prioridad alta cuando $P_i \geq 0,70$, equivalente a una puntuación original de 12 a 15; prioridad media cuando $0,30 \leq P_i < 0,70$, equivalente a 8-11 puntos; y prioridad baja cuando $P_i < 0,30$, equivalente a 7 puntos o menos.

La estabilidad se examinó con 10 000 iteraciones y semilla 20260714. Los pesos se generaron uniformemente entre 0,16 y 0,24 y se renormalizaron para sumar 1. El procedimiento se ejecutó en Python 3.12.13 con NumPy 2.3.5.

Finalmente, se elaboró una matriz comparativa que relacionó cada biomasa con su ruta de transformación, producto y aplicación. La prioridad se estableció a partir de la disponibilidad documentada, el potencial biotecnológico, la aplicabilidad y el aporte ambiental, dentro de una perspectiva de economía circular (1,7,34,35).

RESULTADOS

Los residuos agroindustriales analizados no siguen un mismo patrón frente a las rutas de valorización biotecnológica disponibles. Lo que determina el potencial de cada material es su composición, la regularidad con que se genera dentro de la cadena productiva y la cantidad de productos que pueden derivarse de él. Con base en esa lógica, los residuos revisados se agruparon en tres categorías: materiales lignocelulósicos, residuos con contenido funcional relevante y subproductos de origen acuícola orientables hacia biopolímeros.

Dentro del primer grupo se ubicaron el bagazo de caña, la cascarilla y paja de arroz, los pseudotallos y raquis de banano y los residuos de maíz. Todos comparten una matriz basada en celulosa, hemicelulosa y lignina, adecuada para fermentación, hidrólisis, digestión anaerobia y producción de materiales biodegradables. Su abundancia y bajo costo son ventajas, pero normalmente requieren pretratamientos para liberar azúcares fermentables y mejorar la acción enzimática o microbiana (1,4,7,11–13,30).

Los residuos de cacao y cítricos conformaron el segundo grupo. Sus cáscaras, mucílagos y albedos contienen pectinas, compuestos fenólicos, azúcares fermentables y fracciones antioxidantes que permiten obtener ingredientes funcionales y productos agroalimentarios (14,15,24,25,36,37). En Ecuador, la cáscara y el mucílago de cacao merecen atención por su disponibilidad en zonas productoras y por la evidencia sobre fermentación y bioeconomía circular (14,22,38).

El tercer grupo correspondió a residuos de camarón. La quitina, las proteínas y los minerales los orientan hacia quitosano, hidrolizados proteicos y biomateriales. Los procesos de desmineralización, desproteinización y desacetilación difieren de la fermentación energética de los materiales lignocelulósicos, y sus productos tienen aplicaciones en agricultura, alimentos y tratamiento de aguas (16–19).

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 127-145
DOI: https://doi.org/10.56519/r001qm43
Agosto 2026

Tabla 2. Rutas biotecnológicas identificadas para residuos agroindustriales ecuatorianos.

Cadena productiva	Residuo principal	Composición predominante	Ruta biotecnológica posible	Producto esperado	Aplicación final
Banano	Pseudotallo, raquis y cáscara	Fibra, celulosa, hemicelulosa y azúcares	Fermentación, hidrólisis y digestión anaerobia	Biofertilizantes, bioetanol, biogás, fibras y biomateriales	Agricultura, energía y materiales biodegradables
Cacao	Cáscara y mucílago	Fibra, compuestos fenólicos, azúcares y pectinas	Fermentación, extracción de compuestos funcionales y bioconversión	Antioxidantes, bioinsumos, pectina y productos fermentados	Agroindustria, alimentos y agricultura
Arroz	Cascarilla y paja	Lignocelulosa, sílice y fibra	Pretratamiento, fermentación, digestión anaerobia y conversión termobiológica	Bioenergía, biochar, materiales adsorbentes y sustratos	Energía, ambiente y agricultura
Caña de azúcar	Bagazo y cachaza	Lignocelulosa, azúcares residuales y materia orgánica	Hidrólisis, fermentación y compostaje enriquecido	Bioetanol, enzimas, biofertilizantes y energía	Energía, agricultura e industria
Maíz	Rastrojos, tusa y residuos de procesamiento	Lignocelulosa y almidones residuales	Sacarificación, fermentación y compostaje	Bioetanol, ácidos orgánicos y biofertilizantes	Energía, agricultura y bioprocesos
Cítricos	Cáscara y albedo	Pectina, aceites esenciales, fibra y compuestos fenólicos	Extracción, fermentación e hidrólisis	Pectina, antioxidantes, aceites esenciales y bioetanol	Alimentos, agroindustria y bioproductos
Camarón	Exoesqueletos, cabezas y restos de procesamiento	Quitina, proteínas y minerales	Desmineralización, desproteinización, desacetilación e hidrólisis	Quitina, quitosano, hidrolizados proteicos y biomateriales	Agricultura, alimentos y tratamiento de aguas

Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica (12–18,21–30,36–43).

La Tabla 2 confirma que no existe una ruta única de valorización. Banano, caña, arroz y maíz convergen en el aprovechamiento lignocelulósico; cacao y cítricos permiten

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 127-145
DOI: https://doi.org/10.56519/r001qm43
Agosto 2026

recuperar compuestos funcionales y pectinas; y camarón se orienta hacia biopolímeros. Esta diferenciación obliga a relacionar cada biomasa con el proceso que puede sostener según su composición (4,11–18,22,24,25,27–30,36–38).

Para complementar esta comparación cualitativa, se construyó un balance de masa teórico-documental por tonelada de residuo. En las rutas lignocelulósicas, la masa teórica de etanol se estimó mediante la expresión:

$$m_{\mathrm{EtOH,teórico}} = M(0{,}568 f_C + 0{,}581 f_H) \quad (5)$$

donde M representa la masa seca del residuo y fC y fH corresponden a las fracciones másicas de celulosa y hemicelulosa. Los coeficientes 0,568 y 0,581 se obtienen al considerar la hidratación estequiométrica del glucano a glucosa (180/162) y del xilano a xilosa (150/132), seguida del rendimiento teórico de 0,511 kg de etanol por kilogramo de monosacárido. El rendimiento efectivo se expresó como:

$$m_{\mathrm{EtOH,efectivo}} = m_{\mathrm{EtOH,teórico}} \times \eta_p \times \eta_h \times \eta_f \quad (6)$$

donde ηp, ηh y ηf representan las eficiencias del pretratamiento, la hidrólisis y la fermentación. Para convertir la masa de etanol a volumen se utilizó una densidad de 0,789 kg L^{-1}. En el mucílago de cacao se consideró la conversión de azúcares directamente fermentables. Para pectina y quitosano se aplicó:

$$m_{\mathrm{producto}} = M \times Y_{\mathrm{extracción}} \quad (7)$$

Las ecuaciones se utilizaron como referencia teórica; los valores de la Tabla 3 corresponden a rendimientos documentados en las fuentes originales (14,19,20,30–33,44,45).

Debido a que las publicaciones no proporcionaron perfiles temporales equivalentes para las siete cadenas, no fue posible calcular una constante cinética común. Cuando los estudios informaron la concentración final y el tiempo de procesamiento, se calculó una productividad media mediante:

$$Q_P = \frac{C_P}{t} \quad (8)$$

En los demás casos se mantuvo el rendimiento global por unidad de residuo, sin asumir comportamientos cinéticos que no hubieran sido demostrados experimentalmente.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 127-145
DOI: https://doi.org/10.56519/r001qm43
Agosto 2026

Tabla 3. Balances de masa y rendimientos documentales por cadena agroindustrial.

Cadena	Base del balance	Condición de procesamiento	Rendimiento documentado	Equivalente por tonelada	Principal limitación
Banano	1 t de pseudotallo seco	Sacarificación y fermentación simultánea durante aproximadamente 72 h	112 L de etanol t^{-1}; productividad específica aproximada de 1,56 L t^{-1} h^{-1} (20)	112 L o 88,4 kg de etanol	La elevada humedad del pseudotallo fresco aumenta la masa transportada y la energía requerida para estabilización.
Cacao	1 t de mucílago fresco; densidad aproximada de 1 kg L^{-1}	Fermentación con Saccharomyces cerevisiae a 25 °C durante 96 h	71,91 g L^{-1} de etanol; productividad media de 0,75 g L^{-1} h^{-1} (14)	Aproximadamente 71,9 kg o 91 L de etanol	La concentración de azúcares cambia con la variedad, madurez y manejo poscosecha.
Arroz	1 t de paja seca	Pretratamiento combinado, hidrólisis enzimática y fermentación	214 mg de etanol g^{-1} de biomasa y eficiencia de bioconversión de 72,5 % (33)	214 kg o aproximadamente 271 L de etanol	La presencia de sílice y lignina condiciona la eficiencia del pretratamiento.
Caña de azúcar	1 t de bagazo seco	Pretratamiento ácido, hidrólisis y fermentación de azúcares C5 y C6	191,96 kg de etanol; rendimiento de fermentación de pentosas de 86,11 % (44)	243,3 L de etanol	El balance depende de la recuperación y fermentación conjunta de hexosas y pentosas.
Maíz	1 t de rastrojo seco	Pretratamiento, sacarificación y fermentación	480 L t^{-1} como máximo teórico; 240 L t^{-1} como estimación de proceso y 45 L t^{-1} en un estudio experimental (31,45)	Entre 45 y 240 L frente a un máximo teórico de 480 L	El rendimiento cambia con el cultivar, humedad, cosecha y eficiencia de hidrólisis.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 127-145
DOI: https://doi.org/10.56519/r001qm43
Agosto 2026

Cadena	Base del balance	Condición de procesamiento	Rendimiento documentado	Equivalente por tonelada	Principal limitación
Cítricos	1 t de cáscara seca pulverizada	Extracción ácida a 80 °C, pH 2, durante 90 min	21,63 % de pectina en cáscara de naranja y 32,53 % en cáscara de lima (32)	Entre 216 y 325 kg de pectina	El rendimiento depende de especie, madurez, secado, ácido y tiempo de extracción.
Camarón	1 t de exoesqueleto seco	Desmineralización, desproteinización y desacetilación; aproximadamente 52 h de contacto químico	13,96 % de quitosano respecto de la cáscara seca (19)	139,6 kg por tonelada seca	La especie, humedad, contenido mineral y grado de desacetilación afectan el rendimiento.

Fuente: Elaboración propia a partir de rendimientos experimentales y balances documentales (14,19,20,31–33,44,45).

Los balances evidencian que un potencial estequiométrico elevado no asegura un rendimiento efectivo equivalente. En los lignocelulósicos, las pérdidas durante pretratamiento, hidrólisis y fermentación explican la distancia entre el máximo teórico y el producto recuperado. Se documentaron 112 L de etanol por tonelada seca de pseudotallo de banano, 243,3 L t^{-1} de bagazo de caña y aproximadamente 271 L t^{-1} de paja de arroz (20,33,44).

La diferencia fue mayor para el maíz: frente a un máximo teórico de 480 L t^{-1} de rastrojo seco, las estimaciones de proceso y el resultado experimental revisado fueron de 240 y 45 L t^{-1}, respectivamente (31,45). Para otras cadenas, el mucílago de cacao produjo 71,91 g L^{-1} de etanol después de 96 h; la cáscara cítrica seca permitió recuperar 216–325 kg de pectina por tonelada; y el exoesqueleto seco de camarón alcanzó 139,6 kg t^{-1} de quitosano (14,19,32).

Para ordenar esa información y establecer prioridades, se aplicó la matriz de decisión definida en la metodología, valorando cinco criterios por residuo: disponibilidad, potencial biotecnológico, diversidad de productos, aplicabilidad productiva y aporte ambiental. Los resultados normalizados se recogen en las Tablas 4a y 4b.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 127-145
DOI: https://doi.org/10.56519/r001qm43
Agosto 2026

Tabla 4a. Puntuación de los criterios para la priorización de residuos agroindustriales ecuatorianos.

Residuo agroindustrial	Disponi-bilidad	Potencial biotecnológico	Diversidad de productos	Aplicabilidad productiva	Aporte ambiental	Puntaje total
Residuos de banano	3	3	3	3	3	15
Residuos de cacao	3	3	3	3	3	15
Residuos de caña de azúcar	3	3	2	3	3	14
Residuos de camarón	3	3	2	3	3	14
Residuos cítricos	2	3	3	3	3	14
Residuos de arroz	3	2	2	3	3	13
Residuos de maíz	2	2	2	2	2	10

Fuente: Elaboración propia. Los puntajes se asignaron mediante las reglas operativas de la Tabla 1.

Tabla 4b. Índice normalizado, prioridad y fuentes de respaldo por residuo.

Residuo agroindustrial	Índice Pi	Prioridad	Fuentes de respaldo
Residuos de banano	1,00	Alta	(20,21,23,39,40)
Residuos de cacao	1,00	Alta	(14,15,22,24)
Residuos de caña de azúcar	0,90	Alta	(12,13,26,41,44)
Residuos de camarón	0,90	Alta	(16–19)
Residuos cítricos	0,90	Alta	(25,32,36–38)
Residuos de arroz	0,80	Alta	(27,33,42,43)

Residuo agroindustrial	Índice Pi	Prioridad	Fuentes de respaldo
Residuos de maíz	0,50	Media	(28–31,43,45)

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes indicadas para cada cadena

Banano y cacao encabezaron la clasificación con 15 puntos y Pi = 1,00. Caña de azúcar, camarón y cítricos alcanzaron 14 puntos y Pi = 0,90; arroz obtuvo 13 puntos y Pi = 0,80; y maíz se ubicó en prioridad media con 10 puntos y Pi = 0,50. Las puntuaciones no representan mediciones experimentales nacionales, sino una síntesis ordinal de la evidencia citada en la última columna de la Tabla 4b.

El análisis de sensibilidad mantuvo la categoría de prioridad de los siete residuos en el 100 % de las 10 000 iteraciones. Banano y cacao permanecieron en Pi = 1,00; caña y camarón variaron entre 0,868 y 0,926; cítricos, entre 0,871 y 0,926; arroz, entre 0,756 y 0,841; y maíz permaneció en Pi = 0,50. Por tanto, la clasificación fue estable frente a variaciones pequeñas de los pesos, aunque esta robustez no sustituye la validación técnica y económica.

La disponibilidad anual no equivale a una oferta mensual constante. Maíz y cítricos presentan mayor estacionalidad y dispersión; en cambio, bagazo, cascarilla de arroz y exoesqueletos de camarón suelen concentrarse en instalaciones de procesamiento. La humedad, la baja densidad aparente, la distancia de recolección y la necesidad de estabilización pueden reducir la viabilidad de una ruta técnicamente prometedora. Por ello, la matriz debe interpretarse como una priorización tecnológica inicial y no como una demostración de rentabilidad.

DISCUSIÓN

Los resultados confirman que la valorización biotecnológica de los residuos agroindustriales ecuatorianos no puede plantearse mediante una ruta uniforme. El potencial de cada biomasa depende de su composición, de la forma en que se genera y de la relación entre el proceso de transformación y el producto esperado. Esta interpretación coincide con estudios que señalan que los residuos adquieren valor cuando sus características químicas y estructurales se vinculan con tecnologías y aplicaciones concretas (1,2,7–9,34,35). La matriz permitió ordenar esas diferencias, aunque sus puntajes deben entenderse como una priorización documental y no como una demostración de factibilidad industrial.

El banano y el cacao alcanzaron la mayor prioridad, pero por razones distintas. Los pseudotallos, raquis y cáscaras de banano combinan disponibilidad con rutas hacia fibras, nanocelulosa, bioenergía, biofertilizantes y materiales biodegradables (20,21,23,39,40). No obstante, su estructura lignocelulósica exige acondicionamiento, pretratamiento e hidrólisis. Como referencia, una tonelada de pseudotallo seco podría generar alrededor de 112 L de etanol mediante sacarificación y fermentación simultánea

(20); esta cifra no debe aplicarse al material fresco, cuyo elevado contenido de agua incrementa las necesidades de transporte y acondicionamiento. El cacao responde a una lógica funcional: la cáscara y el mucílago contienen compuestos fenólicos, pectinas y azúcares fermentables (14,15,22,24). En el mucílago se reportaron 71,91 g L^{-1} de etanol después de 96 h, equivalentes aproximadamente a 91 L por tonelada fresca (14). Su ventaja es la disponibilidad directa de azúcares; sus limitaciones son el deterioro microbiológico y la variabilidad de la composición.

La caña y el arroz también mostraron alta prioridad, aunque su aprovechamiento está condicionado por la recalcitrancia lignocelulósica. Para el bagazo de caña se documentaron 191,96 kg de etanol por tonelada seca, equivalentes a 243,3 L, cuando se recuperan y fermentan hexosas y pentosas (44). En paja de arroz se registraron 214 mg de etanol por gramo, aproximadamente 271 L por tonelada seca, después de un pretratamiento combinado (33). Estos rendimientos evidencian el potencial de ambas cadenas, pero dependen de la eficiencia del pretratamiento, la hidrólisis, el consumo de enzimas y la capacidad microbiana para utilizar las fracciones liberadas (12,13,26,27,33,41–44).

El maíz quedó en prioridad media porque la evidencia muestra una brecha entre el potencial teórico y el rendimiento alcanzable. Para el rastrojo seco se estimó un máximo cercano a 480 L de etanol por tonelada, frente a una estimación de proceso de aproximadamente 240 L t^{-1} y un resultado experimental de 45 L t^{-1} (31,45). Estas diferencias responden a la composición, humedad, pretratamiento y microorganismos empleados. Aunque también existen rutas hacia biosurfactantes, materiales celulósicos y biohidrógeno (28–30,43), todavía se requiere delimitar qué residuo y proceso serían más apropiados para las condiciones ecuatorianas.

Los cítricos y el camarón demuestran que la valorización no debe limitarse a la producción de energía. La extracción ácida de cáscaras cítricas permitió recuperar entre 21,63 y 32,53 % de pectina en base seca, equivalente a 216–325 kg por tonelada (32), además de existir alternativas para aceites esenciales, envases y compuestos funcionales (25,36–38). En residuos de camarón se reportó un rendimiento de quitosano de 13,96 % respecto de la cáscara seca, equivalente a 139,6 kg por tonelada seca (19). Sin embargo, su obtención requiere desmineralización, desproteinización y desacetilación, con consumo de reactivos y generación de efluentes que deben incorporarse a la evaluación ambiental (16–19).

La matriz también mostró que la abundancia anual no equivale a disponibilidad operativa. Maíz y cítricos presentan mayor estacionalidad y dispersión, mientras que bagazo, cascarilla de arroz y exoesqueletos de camarón tienden a concentrarse en ingenios, piladoras o plantas procesadoras. La humedad, la baja densidad aparente, la distancia de recolección y la necesidad de estabilización pueden reducir el beneficio de una ruta técnicamente viable (3,5,22,23). Esta interacción explica por qué la selección debe considerar simultáneamente variables productivas, tecnológicas y ambientales, como plantean los enfoques multicriterio aplicados a residuos agrícolas (34,35).

La estabilidad observada en el análisis de sensibilidad respalda la clasificación general frente a pequeñas variaciones de los pesos, pero no elimina las limitaciones del estudio.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 127-145
DOI: https://doi.org/10.56519/r001qm43
Agosto 2026

Los rendimientos recopilados proceden de condiciones experimentales y bases de cálculo diferentes, por lo que funcionan como órdenes de magnitud y no como predicciones industriales para Ecuador. Tampoco se evaluaron costos, disponibilidad mensual ni impactos mediante análisis de ciclo de vida. En consecuencia, banano y cacao constituyen alternativas iniciales de mayor interés, mientras que la implementación de cualquiera de las rutas deberá confirmarse con caracterización local, balances de masa, evaluación tecnoeconómica y ensayos a escala de laboratorio y piloto.

CONCLUSIONES

Los residuos agroindustriales ecuatorianos evaluados no presentan un potencial uniforme de valorización biotecnológica. Su aprovechamiento depende de la composición del material, la regularidad con que se genera, la complejidad tecnológica de la ruta de transformación y el tipo de producto final que puede obtenerse. Los residuos lignocelulósicos, como bagazo de caña, cascarilla y paja de arroz, pseudotallos y raquis de banano, muestran potencial para procesos fermentativos, bioenergía, biofertilizantes y biomateriales; sin embargo, su transformación puede requerir pretratamientos que condicionan la viabilidad técnica y económica. En cambio, los residuos de cacao y cítricos se orientan mejor hacia la recuperación de compuestos funcionales, pectinas, fracciones antioxidantes y moléculas de interés industrial. Los residuos de camarón siguen una lógica diferente, centrada en la obtención de quitina, quitosano e hidrolizados proteicos a partir del exoesqueleto.

La matriz de decisión permitió ordenar información dispersa y establecer una priorización inicial basada en criterios comparables. Banano y cacao obtuvieron los puntajes más altos, aunque por razones distintas: el banano destacó por su disponibilidad, diversidad de fracciones residuales y amplitud de rutas posibles, mientras que el cacao sobresalió por el valor funcional de sus subproductos. Caña de azúcar, camarón, cítricos y arroz también se ubicaron en alta prioridad, pero su aprovechamiento exige una selección más precisa del proceso, del producto final y de las condiciones operativas. El maíz se clasificó en prioridad media, no por ausencia de potencial, sino por la necesidad de delimitar mejor el tipo de residuo, la ruta biotecnológica y la aplicación esperada.

La valorización biotecnológica de residuos agroindustriales no debe interpretarse únicamente como una estrategia de manejo de desechos, sino como una oportunidad productiva, ambiental y tecnológica dentro de cadenas ya consolidadas en el país. No obstante, la abundancia de biomasa no garantiza por sí sola la factibilidad de aprovechamiento. La decisión sobre qué residuo priorizar debe considerar también barreras de transformación, costos de acondicionamiento, estabilidad del producto, demanda potencial y capacidades locales de procesamiento.

En este sentido, la matriz comparativa y los balances teórico-documentales construidos en el presente trabajo constituyen herramientas de orientación inicial para seleccionar residuos y rutas de valorización con mayor pertinencia para el contexto ecuatoriano. Los balances permiten establecer órdenes de magnitud para bioetanol, pectina y quitosano, pero no deben interpretarse como rendimientos obtenidos directamente en

instalaciones nacionales. Los pasos siguientes deben centrarse en ensayos con residuos recolectados en Ecuador y pruebas piloto que permitan evaluar composición, humedad, rendimiento efectivo, estabilidad, escalabilidad, costos de recolección y operación, consumo de reactivos e impacto ambiental de las rutas priorizadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Prado-Acebo I, Cubero-Cardoso J, Lu-Chau TA, Eibes G. Integral multi-valorization of agro-industrial wastes: A review. Waste Management. 2024 Jun 30;183:42–52. doi:10.1016/j.wasman.2024.05.001
2. Bala S, Garg D, Sridhar K, Inbaraj BS, Singh R, Kamma S, et al. Transformation of Agro-Waste into Value-Added Bioproducts and Bioactive Compounds: Micro/Nano Formulations and Application in the Agri-Food-Pharma Sector. Bioengineering. 2023 Feb;10(2):152. doi:10.3390/bioengineering10020152
3. Weldesemayat Sileshi G, Barrios E, Lehmann J, Tubiello FN. An organic matter database (OMD): consolidating global residue data from agriculture, fisheries, forestry and related industries. Earth System Science Data. 2025 Feb 3;17(2):369–91. doi:10.5194/essd-17-369-2025
4. Escudero-Curiel S, Giráldez A, Pazos M, Sanromán Á. From Waste to Resource: Valorization of Lignocellulosic Agri-Food Residues through Engineered Hydrochar and Biochar for Environmental and Clean Energy Applications—A Comprehensive Review. Foods. 2023 Jan;12(19):3646. doi:10.3390/foods12193646
5. Bermúdez JMS, Varela GAZ, Cedeño REC, Riera MA. Estudio de residuos biomásicos agrícolas para la instalación de una biorefinería de pequeña escala. La Granja. 2025 Aug 26;42(2):136–53. doi:10.17163/lgr.n42.2025.09
6. Nicolás García M, Borrás Enríquez A, González Escobar J, Calva Cruz O, Pérez Pérez V, Sánchez Becerril M. Phenolic Compounds in Agro-Industrial Waste of Mango Fruit: Impact on Health and Its Prebiotic Effect – a Review. Pol J Food Nutr Sci. 2023 Feb 21;5–23. doi:10.31883/pjfns/159361
7. Ezeorba TPC, Okeke ES, Mayel MH, Nwuche CO, Ezike TC. Recent advances in biotechnological valorization of agro-food wastes (AFW): Optimizing integrated approaches for sustainable biorefinery and circular bioeconomy. Bioresource Technology Reports. 2024 Jun 1;26:101823. doi:10.1016/j.biteb.2024.101823
8. Burbano-Cuasapud JM, Solarte-Toro JC, Restrepo-Serna DL, Cardona Alzate CA. Process Sustainability Analysis of Biorefineries to Produce Biofertilizers and Bioenergy from Biodegradable Residues. Fermentation. 2023 Sep;9(9):788. doi:10.3390/fermentation9090788
9. Yafetto L, Odamtten GT, Wiafe-Kwagyan M. Valorization of agro-industrial wastes into animal feed through microbial fermentation: A review of the global and Ghanaian case. Heliyon. 2023 Apr 1;9(4):e14814. doi:10.1016/j.heliyon.2023.e14814
10. Sundaram T, Govindarajan RK, Vinayagam S, Krishnan V, Nagarajan S, Gnanasekaran GR, et al. Advancements in biosurfactant production using agro-industrial waste for industrial and environmental applications. Front Microbiol. 2024 Feb 5;15:1357302. doi:10.3389/fmicb.2024.1357302
11. Jayanthi B, Vinoth S, Hariharan M, Raja RK, Kamaraj C, Narayanan M. Valorization of agro-industry wastes for nanocellulose fabrication and its multifunctional

applications. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2024 Apr 1;57:103124. doi:10.1016/j.bcab.2024.103124
12. Matsueda Y, Antunes E. A review of current technologies for the sustainable valorisation of sugarcane bagasse. Journal of Environmental Chemical Engineering. 2024 Dec 1;12(6):114900. doi:10.1016/j.jece.2024.114900
13. Kamboj A, Sadh PK, Yadav B, Kumari A, Kumar R, Surekha, et al. Unravelling the potential of sugarcane bagasse: An eco-friendly and inexpensive agro-industrial waste for the production of valuable products using pretreatment processes for sustainable bio-economy. Journal of Environmental Chemical Engineering. 2024 Dec 1;12(6):114461. doi:10.1016/j.jece.2024.114461
14. Zambrano A, Cobos V, Luna T, Duarte J, Barzallo D. Optimization of Bioethanol Production from Cocoa Mucilage (Theobroma cacao) Using a Commercial and a Genetically Modified Strain of Saccharomyces cerevisiae. International Journal of Agriculture and Biosciences. 2026 Feb 12. doi:10.47278/journal.ijab/2026.039
15. Guzmán-Armenteros TM, Guerra LS, Ruales J, Ramos-Guerrero L. Ecuadorian Cacao Mucilage as a Novel Culture Medium Ingredient: Unveiling Its Potential for Microbial Growth and Biotechnological Applications. Foods. 2025 Jan;14(2):261. doi:10.3390/foods14020261
16. Pérez WA, Marín JA, López JN, Burgos MA, Rios LA. Development of a Pilot-ecofriendly Process for Chitosan Production from Waste Shrimp Shells. Environmental Processes. 2022 Sep 2;9(3):55. doi:10.1007/s40710-022-00605-8
17. Lakshmi DS, Ravindran L, Mary PJM, Rathika G, Sreekala MS, Munisamy S. Valorization of Crustacean Shells: Preparation, Characterization, and Chemical Modification of Nano-Chitin Biopolymer Membrane for Application in Water Purification. Waste Biomass Valor. 2024 Nov 1;15(11):6067–90. doi:10.1007/s12649-024-02601-5
18. Bautista-Hernández I, Gómez-García R, Martínez-Ávila GCG, Pintado M. Solid state fermentation (SSF) on marine biomasses and their by-products - a new research biorefinery frontier for the obtention of innovative and novel value-added compounds towards industrial applications. Journal of Environmental Management. 2026 Jun 15;410:129973. doi:10.1016/j.jenvman.2026.129973
19. Aberoumand A, Chabavi M. Extraction and Quality Control of Chitin and Chitosan from Shrimp (Vanami) Litophenause Vanamei Shells Wastes. Natural Product Communications. 2024 Oct 1;19(10):1934578X241291383. doi:10.1177/1934578X241291383
20. Guerrero AB, Ballesteros I, Ballesteros M. The potential of agricultural banana waste for bioethanol production. Fuel. 2018 Feb 1;213:176–85. doi:10.1016/j.fuel.2017.10.105
21. Kumar V, Chakraborty P, Janghu P, Umesh M, Sarojini S, Pasrija R, et al. Potential of banana based cellulose materials for advanced applications: A review on properties and technical challenges. Carbohydrate Polymer Technologies and Applications. 2023 Dec 1;6:100366. doi:10.1016/j.carpta.2023.100366
22. Alava C, Moncayo S, Galarza L. Cocoa husk in the circular bioeconomy: a perspective from Ecuador and other producer countries. Front Food Sci Technol. 2025 Dec 18;5. doi:10.3389/frfst.2025.1726187
23. Hazarika U, Saikia P, Choudhury M, Das M. Unlocking the potential of banana peel waste – A multi-faceted review emphasizing its nutrient profile, extraction

strategies, and prospective utility within the context of circular waste bioeconomy. Applied Food Research. 2026 Jun;6(1):101675. doi:10.1016/j.afres.2026.101675

24. Sánchez M, Laca A, Laca A, Díaz M. Cocoa Bean Shell: A By-Product with High Potential for Nutritional and Biotechnological Applications. Antioxidants. 2023 May;12(5):1028. doi:10.3390/antiox12051028
25. Sharma P, Vishvakarma R, Gautam K, Vimal A, Kumar Gaur V, Farooqui A, et al. Valorization of citrus peel waste for the sustainable production of value-added products. Bioresource Technology. 2022 May 1;351:127064. doi:10.1016/j.biortech.2022.127064
26. Ntunka MG, Makhathini TP, Khumalo SM, Bwapwa JK, Tshibangu MM. Recent Developments in the Valorization of Sugarcane Bagasse Biomass via Integrated Pretreatment and Fermentation Strategies. Fermentation. 2025 Nov;11(11):632. doi:10.3390/fermentation11110632
27. Li Z, Zheng Z, Li H, Xu D, Li X, Xiang L, et al. Review on Rice Husk Biochar as an Adsorbent for Soil and Water Remediation. Plants. 2023 Jan;12(7):1524. doi:10.3390/plants12071524
28. Nunes HMAR, Vieira IMM, Santos BLP, Silva DP, Ruzene DS. Biosurfactants produced from corncob: a bibliometric perspective of a renewable and promising substrate. Preparative Biochemistry & Biotechnology. 2022 Feb 1;52(2):123–34. doi:10.1080/10826068.2021.1929319 PubMed PMID: 34081569.
29. Gutiérrez P, Aldas M, Gavilanes D, Cadena F, Valle V. Corn cob valorization: Synthesis of a polymer based on crystalline cellulose with poly(ethylene glycol) diacrylate and N-vinylcaprolactam. Cleaner Engineering and Technology. 2025 Jul;27:101019. doi:10.1016/j.clet.2025.101019
30. Aghaei S, Karimi Alavijeh M, Shafiei M, Karimi K. A comprehensive review on bioethanol production from corn stover: Worldwide potential, environmental importance, and perspectives. Biomass and Bioenergy. 2022 Jun 1;161:106447. doi:10.1016/j.biombioe.2022.106447
31. Mensah MB, Jumpah H, Boadi NO, Awudza JAM. Assessment of quantities and composition of corn stover in Ghana and their conversion into bioethanol. Scientific African. 2021 Jul;12:e00731. doi:10.1016/j.sciaf.2021.e00731
32. Akhter MostJ, Sarkar S, Sharmin T, Mondal SC. Extraction of pectin from powdered citrus peels using various acids: An analysis contrasting orange with lime. Applied Food Research. 2024 Dec;4(2):100614. doi:10.1016/j.afres.2024.100614
33. Sawhney D, Vaid S, Bangotra R, Sharma S, Dutt HC, Kapoor N, et al. Proficient bioconversion of rice straw biomass to bioethanol using a novel combinatorial pretreatment approach based on deep eutectic solvent, microwave irradiation and laccase. Bioresour Technol. 2023 May;375:128791. doi:10.1016/j.biortech.2023.128791 PubMed PMID: 36871702.
34. Lombardi P, Todella E. Multi-Criteria Decision Analysis to Evaluate Sustainability and Circularity in Agricultural Waste Management. Sustainability. 2023 Jan;15(20):14878. doi:10.3390/su152014878
35. Orlandella I, Fiore S. Life Cycle Assessment of the Production of Biofertilizers from Agricultural Waste. Sustainability. 2025 Jan;17(2):421. doi:10.3390/su17020421

36. Frosi I, Balduzzi A, Moretto G, Colombo R, Papetti A. Towards Valorization of Food-Waste-Derived Pectin: Recent Advances on Their Characterization and Application. Molecules. 2023 Jan;28(17):6390. doi:10.3390/molecules28176390
37. Díaz-Muñoz LL, Castañeda-Aude JE, Landín-Sandoval VJ, Lozano-Álvarez JA, Escárcega-González CE. Valorization and Harnessing Citrus Waste: Focus on Green Synthesis of Metal Nanoparticles with Antimicrobial Applications and Other Potential Uses. Food Reviews International. 2026 Mar 31;42(4):2116–61. doi:10.1080/87559129.2025.2541849
38. Revathi V, Bora S, Afzia N, Ghosh T. Orange peel composition, biopolymer extraction, and applications in paper and packaging sector: A review. Sustainable Chemistry and Pharmacy. 2025 Feb 1;43:101908. doi:10.1016/j.scp.2025.101908
39. Fiallos-Cardenas M, Gavin C, Huilcarema-Enríquez K, Cumbicus-Bravo A, Pozo F. Innovation in obtaining bacterial nanocellulose from banana rachis: Effects of ozone treatment. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering. 2025 Jun;11:101044. doi:10.1016/j.cscee.2024.101044
40. Romero-Cárdenas E, Romero-Romero BR, Tapia-Núñez DW, Zúñiga-Santillán XL, Valenzuela-Cobos JD. Sustainable paper from agricultural residues: differentiating treatment effects in banana pseudostem fibers using X-STATIS multiblock analysis. Front Sustain. 2025 Jul 23;6:1628095. doi:10.3389/frsus.2025.1628095
41. Pérez-Contreras S, Hernández-Rosas F, Lizardi-Jiménez MA, Herrera-Corredor JA, Baltazar-Bernal O, Avalos-de la Cruz DA, et al. Sugarcane Industry By-Products: A Decade of Research Using Biotechnological Approaches. Recycling. 2025 Aug;10(4):154. doi:10.3390/recycling10040154
42. Liang D, Wei C, Liu D, Liu X, Xiao S, Wang Y, et al. Research Progress Review on the Activation of Bioactive Substances by Targeted Fermentation of Rice Bran. Foods. 2026 Jan;15(11):1881. doi:10.3390/foods15111881
43. Prado ERL, Rial RC. Biohydrogen production from residual biomass: The potential of wheat, corn, rice, and barley straw − recent advances. Bioresource Technology. 2025 Sep 1;432:132638. doi:10.1016/j.biortech.2025.132638
44. Dionísio SR, Santoro DCJ, Bonan CIDG, Soares LB, Biazi LE, Rabelo SC, et al. Second-generation ethanol process for integral use of hemicellulosic and cellulosic hydrolysates from diluted sulfuric acid pretreatment of sugarcane bagasse. Fuel. 2021 Nov 1. doi:10.1016/j.fuel.2021.121290
45. Kadam KL, McMillan JD. Availability of corn stover as a sustainable feedstock for bioethanol production. Bioresour Technol. 2003 May;88(1):17–25. doi:10.1016/s0960-8524(02)00269-9 PubMed PMID: 12573559.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 146-158

DOI:
https://doi.org/10.56519/dn5a4q32
Agosto 2026

IMPACTO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA EN LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE Y EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS EN EDUCACIÓN SUPERIOR: REVISIÓN SISTEMÁTICA Y METAANÁLISIS

THE IMPACT OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON TEACHING AND LEARNING PROCESSES AND SKILL DEVELOPMENT IN HIGHER EDUCATION: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS

Luis Emilio Cartuche Flores[1], Jerling Samantha Hurtado González[2], Pedro Arturo García Narváez[3], Andrea Elizabeth Champutiz Cuzco[4]

{lcartuche1@utmachala.edu.ec[1], jshurtado@utmachala.edu.ec[2], pedro.garcia@ikiam.edu.ec[3], andrea.champutiz@udla.ec[4]}

Fecha de recepción: 15/06/2026 / Fecha de aceptación: 18/08/2026 / Fecha de publicación: 25/08/2026

RESUMEN: La inteligencia artificial generativa (IAGen) ha emergido como una de las innovaciones tecnológicas que mayor potencial transformador presenta para la educación superior en la última década, ofreciendo herramientas de producción de texto, imágenes y código a partir de instrucciones en lenguaje natural. Realizar una síntesis y análisis crítico de la evidencia científica que entre 2016 y 2026 se ha publicado sobre los efectos de la IAGen en los procesos de enseñanza-aprendizaje y en el desarrollo de competencias del alumnado universitario. Se llevó a cabo una revisión sistemática, con un enfoque de metaanálisis siguiendo las guías de PRISMA 2020, en las bases de datos Scopus, Web of Science, SciELO y ERIC. Se completó con un total de 27 fuentes publicadas en revistas de alto impacto, que incluían revisiones sistemáticas, metaanálisis y estudios empíricos. La evidencia agregada muestra un efecto positivo de la IAGen con una magnitud moderada-alta en relación con el rendimiento académico, con tamaños de los efectos que oscilan entre g = 0,57 (mediados por diseño experimental) y g = 1,14 (mediados por el diseño explícito de una disciplina). Se encontraron efectos positivos consistentes para la personalización del aprendizaje, el feedback inmediato y el desarrollo de competencias digitales, junto con efectos negativos que afectan a la integridad académica, a la dependencia cognitiva y a la brecha digital institucional. La IAGen se convierte en una herramienta pedagógica de alto potencial si es implementada junto con acompañamiento docente, marcos de ética claros y estrategias de evaluación auténtica; su implementación sin

[1]Facultad de Ciencias Agropecuarias - Universidad Técnica de Machala – Machala- Ecuador, https://orcid.org/0000-0001-7227-4092
[2]Universidad Técnica de Machala, https://orcid.org/0009-0001-5771-5854
[3]Universidad Regional Amazónica IKIAM, https://orcid.org/0000-0002-1920-0921
[4]Universidad de las Américas, https://orcid.org/0009-0000-0308-9088

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 146-158
DOI: https://doi.org/10.56519/dn5a4q32
Agosto 2026

estos acompañamientos puede reducir el pensamiento crítico y la integridad académica del alumnado universitario.

Palabras clave: Inteligencia artificial, aprendizaje, educación superior, competencias, revisión sistemática

ABSTRACT: Generative artificial intelligence (GAI) has emerged over the past decade as one of the technological innovations with the greatest transformative potential for higher education, offering tools for generating text, images, and code based on natural language instructions. To conduct a synthesis and critical analysis of the scientific evidence published between 2016 and 2026 on the effects of GAI on teaching-learning processes and on the development of university students' competencies. A systematic review with a meta-analysis approach was conducted, following the PRISMA 2020 guidelines, in the Scopus, Web of Science, SciELO, and ERIC databases. A total of 27 sources published in high-impact journals were included, comprising systematic reviews, meta-analyses, and empirical studies. The aggregate evidence shows a positive effect of IAGen with a moderate-to-high magnitude on academic performance, with effect sizes ranging from g = 0.57 (mediated by experimental design) to g = 1.14 (mediated by the explicit design of a discipline). Consistent positive effects were found for personalized learning, immediate feedback, and the development of digital competencies, along with negative effects on academic integrity, cognitive dependence, and the institutional digital divide. IAGen becomes a pedagogical tool with high potential when implemented alongside faculty support, clear ethical frameworks, and authentic assessment strategies; its implementation without these supporting measures may reduce critical thinking and academic integrity among college students.

Keywords: Artificial intelligence, learning, higher education, competencies, systematic review

INTRODUCCIÓN

La introducción de sistemas de inteligencia artificial (IA) en los contextos educativos no es un fenómeno nuevo a partir de 1960, cuando ya se dieron aplicaciones de tutoría inteligente que buscaban adaptar la enseñanza y, a la vez, automatizar procedimientos de evaluación (1). No obstante lo anterior, la realidad dio un giro espectacular y radical a partir de 2022 con la llegada de los modelos de lenguaje a gran escala capaces de generar de forma original texto, imágenes, audio y código a partir de instrucciones formuladas mediante lenguaje natural, constituyéndose así el marco de la inteligencia artificial generativa (IAGen) (2). En este sentido, herramientas como ChatGPT, Gemini, Copilot o Claude han pasado en solo tres años de ser curiosidades tecnológicas a ser elementos de uso cotidiano dentro de las aulas universitarias, lo que ha condicionado una reacción urgente de la comunidad científica internacional para hacer frente a sus implicaciones pedagógicas, éticas y cognitivas (3).

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 146-158
DOI: https://doi.org/10.56519/dn5a4q32
Agosto 2026

En el ámbito internacional, diferentes revisiones sistemáticas consensúan en que la IAGen presenta grandes posibilidades de transformar la enseñanza universitaria puesto que optimiza la creación de materiales didácticos para diferentes ritmos de aprendizaje, permite generar sistemas de retroalimentación inmediata y ofrece la posibilidad de acceder a ayuda académica fuera del horario de clase. Un análisis bibliométrico de más de trescientos artículos indexados en Scopus evidenciaba que, del año 2017 a 2023, la producción científica sobre IAGen en educación superior se multiplicó por más de siete, presentando las publicaciones científicas tres grandes líneas temáticas: la integridad académica, la personalización del aprendizaje y los sistemas de tutoría inteligente (4), (5). Siguiendo una línea similar, un artículo que exploró los desafíos y oportunidades de la IAGen desde la perspectiva del profesorado universitario demostró que su valor pedagógico depende, en gran medida, de la existencia de políticas institucionales claras y del nivel de alfabetización digital del mismo (6).

Al ir del general al particular, la evidencia empírica más reciente ha comenzado a acotar los mecanismo por los cuales la IAGen incide sobre el aprendizaje. Desde una revisión del aspecto de las respuestas, actitudes y comportamientos del alumnado frente a estos tipos de herramientas, se encontró que, aunque la mayoría del alumnado percibe efecto beneficioso en la comprensión de contenidos complejos, permanece una tensión entre el uso instrumental de la IA como ayuda cognitiva y el uso sustitutivo, riesgo para la elaboración autónoma del conocimiento (7); un estudio de revisión sistemática en el campo latinoamericano de la transformación digital de la educación superior, encontró que ciento veintinueve investigaciones documentan mejoras en la personalización de la enseñanza y la eficiencia de los procesos administrativos, pero también son conscientes de las brechas de infraestructura tecnológica que persiste entre institutos públicos y privados (8).

La construcción de competencias es el otro eje de la discusión. Diferentes autores apuntan a que la IAGen puede representar un andamiaje del pensamiento que puede propiciar habilidades de pensamiento crítico, de resolución de problemas y de la comunicación escrita cuando se aplica conscientemente dentro de un diseño curricular (9), por el contrario, el uso de forma no guiada de la IAGen genera una dependencia cognitiva que frena la reflexión y la auto-regulación del aprendizaje (10). Esta tensión potenciación o sustitución estructura el eje del debate que actualmente tiene lugar sobre la inclusión de la IAGen al ámbito de la formación universitaria (11).

Un elemento que va atravesando la misma es la integridad académica. Recent studies warn that the ease with which IAGen produces coherent and structured text increases the risk of disguised plagiarism practices, and an emerging form of academic dishonesty designated by some authors as "IA-plagiarism" (12). En el ambiente ecuatoriano en este caso, un estudio que incluía a una muestra de 4, 8, 11 estudiantes de ocho universidades determinaban la existencia de una asociación estadísticamente significativa entre la confianza en la información generada por ChatGPT y la cantidad de plagio autorreportada, de la misma manera que un mayor conocimiento crítico respecto a las limitaciones que tienen las herramientas IAGen se asociaban a comportamientos académicos de mayor responsabilidad (13). Lo anterior enfatiza que el impacto de la

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 146-158
DOI: https://doi.org/10.56519/dn5a4q32
Agosto 2026

IAGen no se produce por la tecnología en sí, sino que depende de la educación digital y ética que se tenga para emplearla.

Pese al aumento de la investigación primaria, la evidencia disponible se encuentra poco corroborada debido a que se divide entre estudios de caso, encuestas de percepción y ensayos de corta duración con escasa integración en base al tamaño del efecto reportado.

Evidencia de su necesidad viene dada por diversos autores al mismo tiempo que esta evidencia sería necesario sistematizarla mediante procedimientos replicables que permitan estimar la magnitud real del efecto de la IAGen sobre el aprendizaje más allá de las apreciaciones subjetivas del profesorado y el alumnado (14). Igualmente hay poca evidencia de marcos de referencia institucionales estándar sobre el uso de este tipo de herramientas, lo cual hace difícil la comparación de resultados entre los diferentes contextos universitarios (15).

En síntesis, la justificación de la presente revisión consiste en: i) ofrecer a la comunidad académica una síntesis rigurosa y actualizada que dé cuenta, mediante procedimientos sistemáticos, de la evidencia dispersa sobre los efectos de la IAGen en el aprendizaje universitario; ii) la conveniencia de identificar tanto las oportunidades pedagógicas que ofrece como los riesgos éticos y cognitivos de la misma para que los resultados puedan guiar la elaboración de políticas institucionales y acciones didácticas basadas en la evidencia, y iii) la escasa disponibilidad de revisiones que integren cuantitativamente los tamaños del efecto reportados en la literatura reciente, lo que entorpece la posibilidad de decidir por parte de las autoridades académicas y en los cuerpos docentes. De acuerdo con lo expuesto construimos la siguiente justificación para el presente estudio: el objetivo de nuestra revisión consistió en analizar, utilizando una revisión sistemática de tipo metaanálisis, el impacto de la inteligencia artificial generativa sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje y desarrollo de competencias del alumnado universitario desde la evidencia científica indexada surgida entre 2016 y 2026.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en el marco de un enfoque bibliográfico-documental en su vertiente cuantitativa, correspondiente a una revisión sistemática con parte de metaanálisis; se siguieron las pautas de la declaración PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), instrumento metodológico internacionalmente reconocido como garantía de la transparencia, de la replicabilidad y del nivel de rigor en los procesos de identificación, selección, evaluación y síntesis de la evidencia científica. Esta opción de diseño responde adecuadamente a que no comenta la recogida de datos primarios, sino el análisis crítico y la integración cuantitativa de los resultados obtenidos en las fuentes indexadas ya publicadas.

La población de referencia estuvo compuesta por la producción científica indexada sobre inteligencia artificial generativa en educación superior entre los meses de enero de 2016 y julio de 2026. Tras la fase de detección, screening y evaluación de elegibilidad, se estableció una muestra final constituida por 27 fuentes tales como revisiones

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 146-158
DOI: https://doi.org/10.56519/dn5a4q32
Agosto 2026

sistemáticas, metaanálisis, estudios empíricos cuantitativos y documentos normativos de referencia (marco de las competencias digitales docentes) todos publicados en revistas indexadas en Scopus, en Web of Science o en SciELO o en bases equivalentes.

La búsqueda se realizó en un entorno documental digital utilizando el acceso a bases de datos académicas de alto reconocimiento internacional como son Scopus, Web of Science, SciELO, ERIC y repositorios institucionales de acceso libre (PubMed Central, ScienceDirect, SpringerLink, MDPI, Taylor & Francis Online). Considerando que no existió trabajo de campo enlistando información o intervención directa sobre seres humanos, este estudio no requirió del visto bueno por parte de un comité de ética de la investigación con seres humanos.

El interés por las variables giró en torno a dos dimensiones fundamentales: (a) el impacto de la IAGen en el rendimiento académico y el propio proceso de aprendizaje, ATOMIZADO a través de los tamaños de efecto presentados (g de Hedges) en los estudios incluidos tanto primarios como en los metaanálisis; y (b) el desarrollo de competencias como los cambios registrados en pensamiento crítico, competencia digital, autorregulación del propio aprendizaje e integridad académica. Se extrajeron también variables moderadoras como la disciplina académica, la duración de la intervención y el propio diseño metodológico de los estudios primarios.

Teniendo en cuenta que la muestra empleada en la presente síntesis incluyó metaanálisis ya publicados, se optó por una síntesis de segundo orden (síntesis de metaanálisis), extrayendo los tamaños del efecto (g de Hedges) y los intervalos de confianza del 95 % que se reportaban en cada estudio, de tal manera que no se calculaba, ni se estimaba, un modelo agregado propio, sino que se evitaba la doble ponderación de estudios primarios solapados entre revisiones. En lo que respecta a estudios de corte cualitativo y descriptivo, se empleó un análisis temático inductivo de los datos que permitían identificar categorías recurrentes vinculadas a los beneficios, los riesgos, o las competencias relacionadas con el uso de la IAGen. La heterogeneidad entre estudios se revisó de forma narrativa, atendiendo a las diferencias sustentadas en el diseño del propio estudio, la disciplina, o la duración de la intervención reportada por los autores de los propios estudios.

Tabla 1. Metodología aplicada.

Fase PRISMA	Procedimiento aplicado	Criterios / Herramientas
Identificación	Búsqueda sistemática en Scopus, Web of Science, SciELO y ERIC con los descriptores "generative artificial intelligence" AND "higher education" AND "learning" y sus equivalentes en español.	547 registros identificados (2016-2026); operadores booleanos AND/OR; filtros de idioma (español/inglés).
Cribado	Eliminación de duplicados y revisión de títulos y resúmenes conforme a los criterios de inclusión y exclusión predefinidos.	198 registros duplicados eliminados; 349 evaluados por título/resumen.
Elegibilidad	Lectura a texto completo de los estudios preseleccionados para verificar pertinencia temática, rigor	61 artículos evaluados a texto completo; se excluyeron estudios sin

	metodológico y filiación a revistas indexadas.	revisión por pares, duplicados temáticos y un artículo retractado.
Inclusión	Selección final de fuentes que cumplieron la totalidad de los criterios de calidad e indexación.	27 fuentes incluidas: 8 revisiones sistemáticas/metaanálisis, 15 estudios empíricos y 4 documentos normativos o teóricos de referencia.
Extracción de datos	Registro estandarizado de autor, año, país, diseño, tamaño muestral, tamaño del efecto y hallazgos principales en una matriz de vaciado.	Hoja de cálculo estructurada; doble verificación cruzada de los datos extraídos.
Síntesis	Integración narrativa y cuantitativa (síntesis de tamaños de efecto) organizada por ejes temáticos: rendimiento académico, competencias y riesgos éticos.	Análisis temático inductivo; comparación de tamaños de efecto entre metaanálisis.

El cuadro sintetiza el flujo metodológico seguido conforme el diagrama PRISMA 202018, para lo que se construyó desde la identificación inicial de 547 registros hasta la inclusión de 27 fuentes relevantes que cumplían los criterios de calidad, la indexación y la pertinencia temática. Este procedimiento sistemático y estructurado permitía alcanzar a minimizar el sesgo de selección y garantizar que la evidencia sintetizada provenía de publicaciones que habían sido sometidas a la revisión por pares, excluyéndose explícitamente un artículo cuyo estatus de retractación era verificado durante la fase de elegibilidad. Se planteó que una combinación de análisis narrativo y síntesis de tamaños del efecto era la medida más adecuada dado que la muestra incluía metaanálisis previos con muestras sólo parcialmente superpuestas, lo que podría haber dado lugar a sesgo de doble conteo si se hubiera estimado un efecto agregado global único.

RESULTADOS

Los resultados de la revisión sistemática aquí presentada se agrupan en tres ejes, que incluyen: (a) el efecto de la inteligencia artificial generativa sobre el rendimiento académico, los datos para el cual fueron sintetizados a partir de los metaanálisis que han sido incluidos; (b) las competencias que han sido afectadas o desarrolladas por su uso; y (c) los riesgos y desafíos éticos que ya aparecen en la literatura revisada. Todas las tablas irán acompañadas de un análisis interpretativo enraizado en la evidencia revisada.

Efecto de la IAGen sobre el rendimiento académico

Antes de presentar los datos cuantitativos, es pertinente comentar que los metaanálisis en esta revisión se caracterizan por los distintos números de estudios primarios que los componen, así como por el rango cronológico y el disciplinario, lo que van a explicar la variabilidad que aparecen en los tamaños de efecto. De manera resumida, la Tabla 1 presenta los resultados de un total de cinco metaanálisis publicados entre 2024 y 2026 que se ocuparon de evaluar el efecto de ChatGPT y herramientas afines en indicadores de aprendizaje en educación superior (16), (17).

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 146-158
DOI: https://doi.org/10.56519/dn5a4q32
Agosto 2026

Tabla 2. Síntesis de tamaños de efecto reportados en metaanálisis sobre el impacto de la inteligencia artificial generativa en el rendimiento académico universitario.

Estudio (año)	N.º de estudios / participantes	Variable evaluada	Tamaño del efecto (g)	Interpretación
Mo et al. (2025) (16)	66 estudios / n.d.	Rendimiento de aprendizaje en pregrado (129 tamaños de efecto)	**g = 1,14**	Efecto grande
Liu, Zuo y Lu (2025) (17)	22 estudios	Rendimiento académico general	**g = 0,58**	Efecto moderado
Estudio de 35 experimentos (2022-2024)	35 estudios / 4193 participantes	Habilidades cognitivas y no cognitivas	**g = 0,67**	Efecto moderado
Revisión de percepción y actitudes (2020-2024)	99 estudios	Percepción y comportamiento de uso	**Síntesis cualitativa**	Predominio de percepción positiva
Revisión de práctica docente (2017-2023)	355 estudios	Prácticas de enseñanza y aprendizaje	**Síntesis cualitativa**	Beneficios en retroalimentación y personalización

El contenido de la Tabla 2 ilustra que hay una tendencia hacia efectos positivos, alcanzando magnitudes medias a altas con valores de g de Hedges que van de 0,58 a 1,14. La heterogeneidad observada a partir de los estudios podría explicarse por el tipo de curso considerado, la duración de la intervención más de 5 semanas y el modelo instruccional, considerados moderadores relevantes en la literatura (16). Resulta oportuno señalar que el metaanálisis con más tamaños de efecto integrado reportó el mayor tamaño del efecto, lo que sugiere que la integración de la IAGen en el proceso formativo de forma sostenida y no puntual haga que el efecto sobre el aprendizaje vaya en aumento (17). Sin embargo, esta relación ha de interpretarse con precaución, dado que los estudios primarios son de una heterogeneidad metodológica importante y, en algunos, ausencia de grupos de control aleatorizados.

Competencias desarrolladas y modalidades de integración pedagógica

Un segundo eje de análisis se centró en identificar cuáles competencias específicas del estudiantado universitario se favorecen a través del uso pedagógico de la IAGen, así como las modalidades de la integración pedagógica que son las más frecuentes en la literatura revisada (9), (10), (18). La tabla 2 organiza esta información en función de la frecuencia con la que cada competencia fue reportada como beneficiada en los estudios incluidos.

Tabla 3. Competencias universitarias asociadas al uso pedagógico de la inteligencia artificial generativa y sus modalidades de integración.

Competencia / dimensión	Modalidad de integración pedagógica	Frecuencia relativa en la literatura

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 146-158
DOI: https://doi.org/10.56519/dn5a4q32
Agosto 2026

Competencia digital docente y estudiantil	Formación en prompt engineering, uso crítico de herramientas de IA y alfabetización algorítmica.	Alta
Retroalimentación y evaluación formativa	Generación automatizada de comentarios personalizados y rúbricas adaptativas.	Alta
Pensamiento crítico y análisis	Verificación cruzada de respuestas generadas por IA, contraste con fuentes primarias.	Media-alta
Autorregulación del aprendizaje	Uso de asistentes conversacionales como andamiaje para la planificación de tareas.	Media
Comunicación escrita y redacción académica	Apoyo en la estructuración de textos y corrección de estilo, con revisión docente posterior.	Media-alta
Integridad y ética académica	Establecimiento de políticas de uso declarado y citación de herramientas de IA.	Alta (como riesgo a mitigar)

Los resultados de la Tabla 3 nos muestran que la competencia digital y la retroalimentación formativa son las dimensiones que más se documentan como beneficiadas por la IAGen, lo que coincide con lo mencionado en estudios que destacan su capacidad para poder generar comentarios personalizados de forma masiva sin incrementar la carga docente proporcionalmente (18). La autorregulación del aprendizaje, en cambio, muestra una frecuencia intermedia indicando de este modo que su desarrollo depende en mayor medida del diseño instruccional que del uso autónomo de la herramienta por parte del estudiantado 9. Asimismo, la integridad académica aparece de forma transversal en la literatura, no como una competencia a partir de la cual la IAGen genera un beneficio directo, sino como una dimensión que necesita de intervención pedagógica explícita para evitar su deterioro (12), (13).

Riesgos, desafíos y condiciones de implementación

Finalmente quedaron sistematizados los principales peligros y requisitos institucionales que, de acuerdo con la evidencia revisada, determinan si la IAGen funciona como potenciador o como impedimento del aprendizaje universitario (11), (15), (19). La tabla 4 recoge estos resultados y la proporción aproximada de estudios que los evidencian.

Tabla 4. Riesgos y condiciones institucionales asociados a la implementación de la inteligencia artificial generativa en educación superior.

Riesgo / desafío identificado	Condición institucional asociada	Prevalencia en los estudios revisados
Plagio encubierto y deshonestidad académica	Ausencia de políticas institucionales claras de uso declarado de IA.	Muy alta
Dependencia cognitiva y disminución del esfuerzo reflexivo	Falta de rediseño de tareas de evaluación hacia formatos auténticos.	Alta
Brecha digital institucional	Desigualdad en el acceso a conectividad y herramientas de pago entre universidades.	Media-alta
Insuficiente formación docente en IA	Escasa oferta de capacitación continua sobre competencias digitales.	Alta

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 146-158
DOI: https://doi.org/10.56519/dn5a4q32
Agosto 2026

Sesgos y errores de contenido generado (alucinaciones)	Falta de estrategias de verificación cruzada de la información.	Media

El examen de la Tabla 4 evidencia que los peligros identificados no son atribuibles a la propia tecnología, sino que lo que no hay son requisitos institucionales que orienten su uso responsable. La deshonestidad académica y la insuficiente preparación docente son los retos que más aparece en la literatura revisada, en línea con la evidencia, previamente comentada en la introducción, que arrojaba que confiar acríticamente en la información generada por IA, redunda en mayores niveles de plagio autorreportado (13). En síntesis, los tres ejes resultantes hacen sospechar que el impacto de la IAGen sobre el aprendizaje universitario es condicional: su potencial pedagógico se hace presente cuando se da acompañamiento docente, se establecen políticas institucionales explícitas y se rediseñan las estrategias de evaluación, mientras que su ausencia tiende a potenciar los peligros identificados (20).

DISCUSIÓN

Los resultados de la presente revisión corroboran, en líneas generales, la tendencia evidenciada por la literatura internacional más actual: la inteligencia artificial generativa muestra un efecto positivo positivamente moderado-alto en el rendimiento académico universitario (21). El tamaño de efecto más elevado proporcionado en esta síntesis (g = 1,14) (16) se corresponden con los descritos por estudios que abordan el uso de ChatGPT en un contexto de aprendizaje basado en problemas donde la herramienta actuaba como un tutor con disponibilidad plena (1). Aun así, este resultado es discrepante con los tamaños de efecto más modestos encontrados en metanálisis con muestras inferiores (17), lo que denota que la magnitud del impacto está más relacionada con el número de estudios integrados, la variedad disciplinar de la muestra y la calidad metodológica de los diseños primarios, que no con un efecto genérico e independiente sólo de la tecnología.

Respecto al desarrollo de las competencias, los resultados de esta revisión concuerdan con estudios anteriores que indican que la competencia digital y la retroalimentación formativa son las dimensiones más frecuentemente favorecidas mediante la IAGen (18), pero difieren en parte en relación con investigaciones que concluyen que el pensamiento crítico es alimentado sistemáticamente por la propia utilización de esas herramientas (9). La evidencia aquí revisada sugiere, sin embargo, que esto sea más bien una relación condicional en la que el pensamiento crítico se alimenta a partir del uso de la IAGen como punto de partida para la verificación y el contraste de la información, pero converge en el hecho que no se ve alimentado por la misma, sino que se debilita cuando la herramienta se usa como fuente única e indiscutida de respuestas (12), (14). Dicha distinción es congruente con el planteamiento en el que la IAGen puede actuar como un "amplificador" de las disposiciones pedagógicas previas, antes que como una causa determinante en sí misma (4).

El resultado en relación con la integridad académica merece una discusión pormenorizada. Los hallazgos de la presente revisión son consistentes con el estudio

llevado a cabo en universidades ecuatorianas que ya advertía de la existencia de una asociación positiva entre la confianza en la información que había sido generada a partir de IA y los niveles de plagio autorinformados^13, así como con aquellos estudios que ya advertían sobre la existencia de otras formas de deshonestidad académica que no eran detectables a través de los sistemas de detección de plagio tradicionales (12), (14). Sin embargo, a diferencia de diferentes posturas que atribuyen este fenómeno exclusivamente a la cultura (tecnología), el uso de la evidencia analizada en este artículo nos sugiere que el elemento determinante es la ausencia de políticas institucionales explícitas sobre el uso de estas herramientas (15), (22). Este último aspecto coincide con investigaciones que apuntan que la alfabetización mediática e informativa más que el acceso restringido a la tecnología es la estrategia más eficaz a la hora de prevenir las prácticas de uso impropio de la IAGen (13), (23).

Sobre las diferencias regionales, la evidencia analizada sobre América Latina muestra un patrón parcialmente distinto del que exponen estudios elaborados en contextos norteamericanos, europeos y asiáticos. Es así que, mientras que la literatura internacional tiende a incidir en el efecto cognitivo de la IAGen, frente a este patrón los estudios latinoamericanos revisados enfatizan, por activa y pasiva, la brecha digital institucional como condición estructural, que antecede a cualquier discusión sobre efectividad pedagógica (8). Esta diferencia no hace más que sugerir que las conclusiones obtenidas en contextos de alta conectividad no pueden extrapolarse de forma directa a instituciones con recursos tecnológicos más limitados, al mismo tiempo que refuerza la necesidad de que la formación del profesorado en competencias digitales lo haga antes de la implementación curricular de estas herramientas (10), (24).

Finalmente, cabe decir que la mayoría de los estudios primarios que integran los metanálisis revisados tienen un diseño cuasiexperimental y corto, lo cual restringe la posibilidad de poder establecer relaciones causales potentes y evaluar la sostenibilidad de los efectos observados en el medio y largo plazo. Esta limitación, también reconocida por otros autores (16), (17), es una línea de investigación por construir: son necesarios estudios longitudinales que examinen si los efectos positivos recogidos en intervenciones de pocas semanas son sostenibles a lo largo de un programa académico o investigaciones que ahonden en el efecto diferencial de la IAGen en función del nivel socioeconómico y de la disciplina formativa del alumnado (25), (26).

CONCLUSIONES

La evidencia sintetizada en esta revisión sistemática permite afirmar que la inteligencia artificial generativa produce un efecto positivo, de una magnitud medianamente alta a alta, sobre el rendimiento académico del alumnado de educación superior, con tamaños del efecto que oscilan entre 0,57 y 1, 14 dependiendo de la disciplina, la duración de la intervención y el diseño metodológico de los estudios primarios analizados. Dicho hallazgo responde de manera directa a la objetivo previamente formulado, puesto que se comprueba que el impacto que ejerce estas herramientas sobre el aprendizaje se encuentra empíricamente contrastado y que no sólo sería una percepción subjetiva de la docencia o del alumnado.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 146-158
DOI: https://doi.org/10.56519/dn5a4q32
Agosto 2026

Como resultado de las reflexiones en torno al desarrollo de los diferentes tipos de competencias se plantea que, en la medida en que la inteligencia artificial generativa funcione en el aula asociada a un diseño pedagógico intencionado, favorecerá la competencia digital, la retroalimentación formativa y, de manera condicional, el pensamiento crítico y la comunicación escrita. En la ausencia de este diseño, sin embargo, se tiende a generar dependencia cognitiva afectando la elaboración autónoma del conocimiento. En este sentido, la tecnología, sin lugar a dudas, es el efecto del Diseño del Aula y, por ende, de la tecnología educativa, evidenciando que el efecto de la tecnología no es simple, sino que es obligado que pongamos en evidencia el hecho de que el impacto de la tecnología tiene que ver de modo decidido con las condiciones institucionales y didácticas en las que se llevan a cabo las sesiones. Evidentemente, la última conclusión se refiere a que la integridad académica aparece como el reto más apremiante y transversal de los que se han detectado en la literatura revisada, en contextos donde persisten vacíos de tipo normativo institucional.

La evidencia de América Latina y la evidencia ecuatoriana, en particular, revelan que la confianza acrítica en la información generada por estas herramientas se asocia a una preocupación en términos de plagio autorreportado, en tanto que un conocimiento crítico sobre las limitaciones instrumentales actúa como un factor protector, hecho que da cuenta de la necesidad de incluir la alfabetización digital y ética como el eje central del diseño de cualquier estrategia de integración curricular. Ello lleva a plantear que las instituciones de educación superior desarrollen políticas explícitas en relación con el uso declaro de la inteligencia artificial generativa, que fortalezcan los procesos de formación del profesorado en competencias digitales, que reformulen las estrategias de evaluación hacia formatos auténticos que valoren el proceso de construcción del conocimiento y no sólo el producto final. De manera análoga, es preciso plantear la necesidad de impulsar investigaciones longitudinales que permitan contrastar la sostenibilidad de los efectos descritos y que exploren su comportamiento diferencial en función de la disciplina académica afectada y del contexto socioeconómico del alumnado, todo en vistas de generar evidencias que sustenten decisiones curriculares e institucionales sustentadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ogunleye B, Zakariyyah KI, Ajao O, Olayinka O, Sharma H. A Systematic Review of Generative AI for Teaching and Learning Practice. Educ Sci (Basel). 2024 Jun 13;14(6):636. doi:10.3390/educsci14060636
2. Zhu C SMLJLTWM. How to harness the potential of ChatGPT in education? Knowledge Management & E-Learning: An International Journal. 2023 Jun 10;133–52. doi:10.34105/j.kmel.2023.15.008
3. Kasneci E, Sessler K, Küchemann S, Bannert M, Dementieva D, Fischer F, et al. ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. Learn Individ Differ. 2023 Apr;103:102274. doi:10.1016/j.lindif.2023.102274
4. Tlili A, Shehata B, Adarkwah MA, Bozkurt A, Hickey DT, Huang R, et al. What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education.

Smart Learning Environments. 2023 Feb 22;10(1):15. doi:10.1186/s40561-023-00237-x

5. Bahroun Z, Anane C, Ahmed V, Zacca A. Transforming Education: A Comprehensive Review of Generative Artificial Intelligence in Educational Settings through Bibliometric and Content Analysis. Sustainability. 2023 Aug 29;15(17):12983. doi:10.3390/su151712983
6. Michel-Villarreal R, Vilalta-Perdomo E, Salinas-Navarro DE, Thierry-Aguilera R, Gerardou FS. Challenges and Opportunities of Generative AI for Higher Education as Explained by ChatGPT. Educ Sci (Basel). 2023 Aug 23;13(9):856. doi:10.3390/educsci13090856
7. Wu F, Dang Y, Li M. A Systematic Review of Responses, Attitudes, and Utilization Behaviors on Generative AI for Teaching and Learning in Higher Education. Behavioral Sciences. 2025 Apr 4;15(4):467. doi:10.3390/bs15040467
8. Quiroz Martinez MR. Inteligencia Artificial Generativa (IA Gen) en la Transformación Digital de la Educación Superior una Revisión Sistemática de Literatura. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. 2025 May 7;9(2):6339–78. doi:10.37811/cl_rcm.v9i2.17370
9. Ali D, Fatemi Y, Boskabadi E, Nikfar M, Ugwuoke J, Ali H. ChatGPT in Teaching and Learning: A Systematic Review. Educ Sci (Basel). 2024 Jun 14;14(6):643. doi:10.3390/educsci14060643
10. Ng DTK, Leung JKL, Su J, Ng RCW, Chu SKW. Teachers' AI digital competencies and twenty-first century skills in the post-pandemic world. Educational technology research and development. 2023 Feb 21;71(1):137–61. doi:10.1007/s11423-023-10203-6
11. Yusuf A, Pervin N, Román-González M. Generative AI and the future of higher education: a threat to academic integrity or reformation? Evidence from multicultural perspectives. International Journal of Educational Technology in Higher Education. 2024 Mar 25;21(1):21. doi:10.1186/s41239-024-00453-6
12. Cotton DRE, Cotton PA, Shipway JR. Chatting and cheating: Ensuring academic integrity in the era of ChatGPT. Innovations in Education and Teaching International. 2024 Mar 3;61(2):228–39. doi:10.1080/14703297.2023.2190148
13. Torres-Diaz JC, Duart J, Rivera D, Flandoli AB. Artificial intelligence and academic integrity: exploring plagiarism in Ecuadorian universities. International Journal for Educational Integrity. 2025 Dec 26;21(1):35. doi:10.1007/s40979-025-00209-3
14. Farrokhnia M, Banihashem SK, Noroozi O, Wals A. A SWOT analysis of ChatGPT: Implications for educational practice and research. Innovations in Education and Teaching International. 2024 May 3;61(3):460–74. doi:10.1080/14703297.2023.2195846
15. Pudasaini S, Miralles-Pechuán L, Lillis D, Llorens Salvador M. Survey on AI-Generated Plagiarism Detection: The Impact of Large Language Models on Academic Integrity. J Acad Ethics. 2025 Sep 4;23(3):1137–70. doi:10.1007/s10805-024-09576-x
16. Mo F, Huang J, Yang Y, Özen Z, Maeda Y, Olenchak FR. Undergraduate students' learning outcomes with ChatGPT: A meta-analytic study. Computers and Education: Artificial Intelligence. 2026 Jun;10:100536. doi:10.1016/j.caeai.2025.100536

17. Liu Z, Zuo H, Lu Y. The Impact of <scp>ChatGPT</scp> on Students' Academic Achievement: A Meta-Analysis. J Comput Assist Learn. 2025 Aug 15;41(4). doi:10.1111/jcal.70096
18. Banihashem SK, Noroozi O, van Ginkel S, Macfadyen LP, Biemans HJA. A systematic review of the role of learning analytics in enhancing feedback practices in higher education. Educ Res Rev. 2022 Nov;37:100489. doi:10.1016/j.edurev.2022.100489
19. Al-Ghonmein AM, Al-Moghrabi KG. The potential of ChatGPT technology in education: advantages, obstacles and future growth. IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI). 2024 Jun 1;13(2):1206. doi:10.11591/ijai.v13.i2.pp1206-1213
20. Strzelecki A, Cicha K, Rizun M, Rutecka P. Acceptance and use of ChatGPT in the academic community. Educ Inf Technol (Dordr). 2024 Dec 18;29(17):22943–68. doi:10.1007/s10639-024-12765-1
21. Page M, McKenzie J, Bossuyt P. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;(372):71.
22. Lund BD, Lee TH, Mannuru NR, Arutla N. AI and Academic Integrity: Exploring Student Perceptions and Implications for Higher Education. J Acad Ethics. 2025 Sep 20;23(3):1545–65. doi:10.1007/s10805-025-09613-3
23. Guillén-Gámez FD, Sánchez-Vega E, Colomo-Magaña E, Sánchez-Rivas E. Incident factors in the use of ChatGPT and dishonest practices as a system of academic plagiarism: the creation of a PLS-SEM model. Res Pract Technol Enhanc Learn. 2024 Sep 16;20:028. doi:10.58459/rptel.2025.20028
24. Redecker C, Punie Y. Digital Competence of Educators DigCompEdu.
25. Galindo-Domínguez H, Campo L, Delgado N, Sainz de la Maza M. Relationship between the use of ChatGPT for academic purposes and plagiarism: the influence of student-related variables on cheating behavior. Interactive Learning Environments. 2025 Jul 3;33(6):4047–61. doi:10.1080/10494820.2025.2457351
26. Balalle H, Pannilage S. Reassessing academic integrity in the age of AI: A systematic literature review on AI and academic integrity. Social Sciences & Humanities Open. 2025;11:101299. doi:10.1016/j.ssaho.2025.101299

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 159-171

DOI:
https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

EVALUACIÓN Y MITIGACIÓN DE RIESGOS LABORALES MEDIANTE SISTEMAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL DE PROCESAMIENTO DE VEGETALES Y ALIMENTOS

EVALUATION AND RISK MITIGATION THROUGH INDUSTRIAL SAFETY SYSTEMS IN A VEGETABLE AND FOOD PROCESSING AGRO-INDUSTRIAL PLANT

Iván Patricio Viteri García[1], Edson Yasmani Veliz Aspiazu[2], Erick Israel Guzmán Guzmán[3], Angelica Yulisa Zamora Rizzo[4]

{ivan.viteriga@ug.edu.ec[1], evelizas@faciag.utb.edu.ec[2], eguzmang@faciag.utb.edu.ec[3], azamorari@faciag.utb.edu.ec[4]}

Fecha de recepción: 10/06/2026 / Fecha de aceptación: 20/07/2026 / Fecha de publicación: 25/08/2026

RESUMEN: La industria agroalimentaria de procesamiento de vegetales presenta entornos laborales complejos donde coexisten riesgos mecánicos por maquinaria de corte, riesgos biológicos, superficies húmedas propensas a caídas y exposición a bajas temperaturas. El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de la implementación de un Sistema de Gestión de Seguridad Industrial, alineado a la norma ISO 45001, en una planta procesadora de alimentos preparados para mitigar la siniestralidad laboral y asegurar la continuidad operativa. La metodología adoptada contiene un enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo correlacional, estructurada en tres fases: diagnóstico de línea base mediante matrices de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos (IPERVR), diseño del sistema documental operativo, y medición post-intervención de indicadores de gestión. Los principales resultados evidenciaron una reducción significativa del 64% en el índice de frecuencia de accidentes de trabajo y una disminución del 72% en los días perdidos por siniestralidad en un periodo de doce meses. Asimismo, se optimizó el cumplimiento legal normativo del 42% al 95% y se comprobó que las medidas de ingeniería aplicadas mitigaron los riesgos ergonómicos en las líneas de empaque automatizadas. Se concluye que en la estructuración sistemática de la seguridad industrial no solo salvaguarda la integridad física y mental del capital humano, sino que genera una sinergia directa con los sistemas de inocuidad

[1]Facultad de Ingeniería Química, Universidad de guayaquil. https://orcid.org/00000-0003-0522-3302
[2]Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo. https://orcid.org/0009-0008-6974-8267
[3]Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo. https://orcid.org/0009-0001-7398-785X
[4]Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo. https://orcid.org/0009-0002-3223-3442

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 159-171
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

alimentaria (HACCP) disminuyendo de manera cuantificable el ausentismo y fortaleciendo la sostenibilidad productiva de la organización agroindustrial.

Palabras clave: Seguridad industrial; industria alimentaria; gestión de riesgos; ISO 45001; salud ocupacional; accidentes de trabajo

ABSTRACT: The agro-food industry dedicated to vegetable processing operates in complex work environments where mechanical hazards associated with cutting machinery, biological risks, slippery wet surfaces, and exposure to low temperatures coexist. The aim of this study was to evaluate the impact of implementing an Industrial Safety and Occupational Health Management System, aligned with the ISO 45001 standard, in a food processing plant to mitigate occupational accidents and ensure operational continuity. The research adopted a quantitative approach with a descriptive-correlational scope and was structured into three phases: baseline diagnosis using Hazard Identification and Risk Assessment (IPERVR) matrices, design of the operational management system, and post-intervention evaluation of management indicators. The results revealed a significant 64% reduction in the occupational accident frequency rate and a 72% decrease in workdays lost due to occupational injuries over a twelve-month period. Likewise, legal compliance improved from 42% to 95%, and the engineering controls implemented effectively mitigated ergonomic risks in automated packaging lines. It is concluded that the systematic implementation of industrial safety management not only protects workers' physical and mental well-being but also strengthens the synergy with food safety systems (HACCP), reducing absenteeism and enhancing the productive sustainability of the agro-industrial organization.

Keywords: Industrial safety; food industry; risk management; ISO 45001; occupational health; occupational accidents

INTRODUCCIÓN

La industria agroalimentaria a nivel global representa uno de los sectores productivos más dinámicos y esenciales para el abastecimiento de las cadenas de suministro; sin embargo, sus entornos operativos albergan una compleja matriz de peligros que comprometen la salud y seguridad ocupacional del capital humano (1). Específicamente, las plantas dedicadas al procesamiento de vegetales y alimentos preparados configuran escenarios laborales críticos donde coexisten de forma simultánea líneas de automatización de alta velocidad, manipulación de herramientas punzocortantes, exposición continua a bajas temperaturas en zonas de postcosecha y cuartos fríos, y la persistencia de superficies húmedas derivadas de las fases de lavado e higienización (2). Estos factores incrementan exponencialmente la probabilidad de ocurrencia de siniestros laborales, tales como atrapamientos, amputaciones, caídas al mismo nivel y desórdenes musculoesqueléticos derivados de movimientos repetitivos y posturas forzadas en las estaciones de selección y empaque (3). De acuerdo con los datos de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), tanto los incidentes como las enfermedades profesionales no solo merman la integridad del trabajador, también

imponen cargas financieras a las organizaciones lo que impacta la productividad y la competitividad intersectorial (4).

En Latinoamérica, la gestión de riesgos en el sector agroindustrial presenta desafíos adicionales relacionados con el cumplimiento heterogéneo de los marcos legales vigentes y la limitada adopción de métodos preventivos sistemáticos (5). Históricamente, las empresas procesadoras de alimentos han priorizado la implementación de rigurosos esquemas de inocuidad alimentaria, tales como el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) y la norma ISO 22000, relegando la seguridad del operario a un plano secundario o reactivo (6). No obstante, la literatura científica contemporánea demuestra que un accidente laboral en una línea de producción agroalimentaria no solo paraliza el flujo de manufactura, sino que introduce vectores potenciales de contaminación biológica o cruzada en el producto, evidenciando una interdependencia directa entre la seguridad laboral y la calidad final del alimento (7, 8). Por consiguiente, resulta indispensable la migración hacia modelos de gestión proactivos que unifiquen ambos criterios de protección.

Durante el último quinquenio, la evolución internacional en materia de salud ocupacional ha consagrado a la norma ISO 45001 como el estándar de referencia global para la estructuración de Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST) (9). Este marco fundamenta su operatividad en el ciclo de mejora continua PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) y exige una rigurosa identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de controles mediante una jerarquía técnica que prioriza la eliminación, la sustitución y los controles de ingeniería sobre el uso de Equipos de Protección Individual (EPI) (10). En plantas de procesamiento vegetal, la aplicación sistemática de matrices de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos con Valoración de Resultados (IPERVR) permite mapear de forma cuantitativa la criticidad de cada puesto operativo, facilitando la asignación eficiente de recursos financieros para la mitigación tecnológica y el rediseño ergonómico de los puestos de trabajo (11, 12).

A pesar de las ventajas conceptuales que ofrecen estos sistemas integrados de gestión, existe una brecha en la investigación empírica local respecto a la cuantificación exacta de su efectividad tras ser implementados en pymes agroindustriales de la región. Varios autores sostienen que el éxito de la mitigación de riesgos depende de la cultura organizacional y de la adecuación de los controles a las particularidades biológicas e higiénicas de la manufactura alimentaria, donde muchos materiales de ingeniería convencionales no pueden usarse debido a normativas de sanitización (13, 14). Por tanto, evaluar empíricamente el impacto de un sistema de seguridad industrial adaptado a estas restricciones se vuelve un imperativo científico y corporativo.

La justificación de la presente investigación esta radicada en la necesidad de proveer evidencia métrica que sea reproducible donde demuestre cómo la estructuración técnica de un sistema de seguridad industrial puede reducir de forma estadística significativa la siniestralidad dentro de una planta procesadora de vegetales. El estudio trata de manera directa el problema de la alta frecuencia con incidentes menores y ausentismo en las líneas de empaque. Para guiar el desarrollo de la investigación se plantea la siguiente hipótesis: la implementación de un sistema de gestión de seguridad enfocado en controles de ingeniería y matrices IPERVR disminuye de manera

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 159-171
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

significativa los índices de frecuencia y gravedad de los accidentes laborales en comparación con la línea base operativa inicial.

Aunque existen metodologías que son ampliamente utilizadas para la gestión de la seguridad y salud en el trabajo su implementación dentro de la industria alimentaria presenta limitaciones específicas. Muchas organizaciones mantienen enfoques reactivos que fueron basados en la investigación de accidentes ocurridos, en lugar de desarrollar estrategias preventivas sustentadas en la identificación sistemática de peligros. Las condiciones propias del procesamiento de alimentos como la presencia permanente de humedad, de superficies resbaladizas, estrictos protocolos de higiene, variaciones térmicas y operación continua de equipos automatizados, hacen que se dificulte la aplicación de algunos controles convencionales de seguridad. Estas características generan la obligación de adaptar las herramientas de evaluación de riesgos a las condiciones particulares del sector alimentario priorizando controles de ingeniería compatibles con los requisitos de inocuidad y producción.

Con baso a lo anterior, el objetivo general de este estudio es evaluar la efectividad de la implementación de un sistema de gestión de seguridad industrial y salud ocupacional para la mitigación de riesgos laborales en una planta agroindustrial de procesamiento de vegetales y alimentos preparados. Los objetivos específicos comprenden: 1) Diagnosticar la situación inicial de la planta mediante el índice de cumplimiento legal y la valoración cualicuantitativa de los riesgos por puesto; 2) Diseñar e implementar las medidas de mitigación técnica y los procedimientos operativos estandarizados bajo el estándar ISO 45001; y 3) Monitorear y contrastar de forma estadística los indicadores de accidentabilidad ex-ante y ex-post intervención durante un horizonte temporal de doce meses.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se estructuró bajo un enfoque cuantitativo, con un alcance descriptivo-correlacional y un diseño cuasi-experimental de tipo longitudinal ex-ante y ex-post (15). Este diseño permitió evaluar el comportamiento de las variables dependientes, representadas por los índices de accidentabilidad, antes y después de la introducción de la variable independiente, correspondiente al sistema de gestión de seguridad industrial basado en la norma ISO 45001 (11, 15). El escenario de estudio estuvo constituido por una planta agroindustrial mediana dedicada al procesamiento y empacado de vegetales frescos y alimentos preparados, con una población trabajadora activa de 120 operarios distribuidos en tres turnos rotativos. Debido al tamaño de la población y con la finalidad de evitar errores de muestreo, se optó por un censo completo, incluyendo a la totalidad de los trabajadores que desempeñaban funciones operativas directas en las áreas de recepción de materia prima, lavado, corte automatizado, líneas de empaque y almacenamiento en cámaras de congelación (15).

Para garantizar la homogeneidad de la población analizada, se establecieron criterios de inclusión y exclusión. Se incluyeron únicamente trabajadores operativos con contrato activo y una permanencia mínima de seis meses en la planta, debido a que contaban con exposición continua a los riesgos propios del proceso productivo. Se excluyeron

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 159-171
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

pasantes, personal administrativo sin ingreso habitual a las áreas de producción, contratistas ocasionales y trabajadores con incapacidades médicas prolongadas o patologías preexistentes que pudieran alterar los indicadores de accidentabilidad relacionados con la actividad laboral desarrollada durante el periodo de estudio.

El desarrollo metodológico fue ejecutado de forma secuencial a lo largo de un horizonte temporal de 12 meses lo cual es dividido en tres fases operativas bien definidas. La primera fase consistió en el diagnóstico de la línea base y el levantamiento de peligros. Por lo que aplicó una lista con verificación fundamentada en la normativa legal nacional vigente en materia de seguridad y salud ocupacional lo que determino el porcentaje inicial de cumplimiento técnico de la empresa. De forma simultánea, se utilizó el método de la Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos con Valoración de Resultados (IPERVR), adaptada metodológicamente a partir de la norma técnica colombiana NTC 45 y las directrices de la OIT para la manufactura alimentaria (11, 12). Mediante esta herramienta, se asignaron valores cuantitativos al nivel de deficiencia, nivel de exposición y nivel de consecuencia para calcular el Nivel de Riesgo (NR), el cual categorizó los peligros detectados en cuatro escalas de aceptabilidad: trivial, tolerable, moderado e intolerable.

Previamente a su aplicación, tanto la lista de verificación como la matriz IPERVR fueron sometidas a un proceso de validación mediante juicio de tres expertos con experiencia en seguridad industrial, salud ocupacional y gestión de riesgos en la industria alimentaria, quienes evaluaron la pertinencia, claridad y consistencia de cada criterio. Posteriormente, se determinó la concordancia entre evaluadores mediante el coeficiente Kappa de Fleiss, obteniéndose un valor de 0.84, considerado como un nivel de concordancia casi perfecto, lo que evidenció una adecuada confiabilidad del instrumento y redujo el posible sesgo durante la valoración de los riesgos.

La segunda fase contempló el diseño e implantación de las medidas de mitigación técnica del sistema de gestión. Siguiendo de forma estricta la jerarquía de controles establecida por los estándares internacionales de seguridad, se priorizaron las soluciones de ingeniería por sobre las administrativas (10). Específicamente, se intervinieron las maquinarias de corte mediante la colocación de resguardos físicos fijos e interruptores de parada de emergencia con sensores magnéticos interconectados. Para contrarrestar el riesgo de caídas en superficies húmedas, se aplicó un tratamiento de revestimiento epóxico antideslizante con alta resistencia mecánica y química en los pisos de las zonas de lavado. En las líneas de empaque, se ejecutó un rediseño ergonómico de las estaciones de trabajo mediante la instalación de mesas de altura regulable y plataformas de descanso para atenuar los desórdenes musculoesqueléticos por bipedestación prolongada y movimientos repetitivos. En conjunto, hubo una estandarización del sistema de gestión documental mediante la creación de Procedimientos Operativos Normalizados (PON) para tareas de alto riesgo con programas de capacitación técnica y la dotación de Equipos de Protección Individual (EPI) que contengan certificación específica para ambientes húmedos y de baja temperatura.

La tercera como última fase consistió en el monitoreo con evaluación estadística de los resultados tras un periodo de maduración del sistema de doce meses. Los indicadores

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 159-171
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

clave de rendimiento de seguridad fueron calculados mensualmente utilizando las fórmulas estandarizadas por la Organización Internacional del Trabajo. El Índice de Frecuencia (IF) estuvo determinada mediante la relación entre el número total de accidentes de trabajo multiplicados por un factor de 10^6 y divididos para el total de horas-hombre efectivamente trabajadas durante el periodo. El Índice de Gravedad (IG) se calculó dividiendo el número de días perdidos a causa de los accidentes multiplicados por el mismo factor de 10^6 sobre las horas-hombre que fueron trabajadas. Finalmente, la tasa de ausencia laboral se calculó restando los días de ausencia médica del total de jornadas planificadas.

El análisis comparativo de todos los datos recolectados en las fases ex-ante y ex-post estuvo procesado mediante el software estadístico SPSS versión 25. Para validar la hipótesis de investigación determinando si las diferencias entre ambos periodos eran estadísticamente significativas, se aplicaron pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk. Posteriormente, se implementó la prueba paramétrica t de Student para muestras relacionadas en los indicadores que presentaron una distribución normal, y la prueba no paramétrica de los rangos con signo de Wilcoxon para las variables de comportamiento no lineal, fijando un nivel de confianza del 95% y un valor de significancia estadística de $p < 0.05$.

RESULTADOS

Diagnóstico de la Línea Base y Porcentaje de Cumplimiento Legal Inicial

El diagnóstico técnico inicial ejecutado en la planta agroindustrial de procesamiento de vegetales permitió determinar de manera cuantitativa el nivel de cumplimiento del marco normativo legal en seguridad y salud en el trabajo. La aplicación de la lista de verificación estructurada tuvo como evidencia que la organización operaba bajo un esquema marcadamente reactivo registrando un índice de cumplimiento global con apenas el 42% con respecto a las obligaciones técnicas. Las mayores deficiencias tuvieron una concentración en los ejes de gestión documental con el 15% de cumplimiento, donde hubo constancia de la inexistencia de Procedimientos Operativos Normalizados (PON) para tareas críticas, la ausencia de un plan con estructuración de capacitaciones y la falta de registros auditables de entrega de equipos de protección individual. En el eje de condiciones físicas y de ingeniería el cumplimiento tiene un alcance de un 35%, detectándose maquinaria de corte privadas de resguardos físicos con ausencia de sistemas de parada de emergencia accesibles de un deterioro generalizado del revestimiento antideslizante en las zonas de lavado e higienización, lo que incrementaba el riesgo continuo de caídas al mismo nivel debido a la acumulación de humedad constante y residuos orgánicos vegetales. El único eje que mostró un nivel de cumplimiento aceptable fue la conformación del organismo paritario de seguridad (80%), aunque sus actas mensuales evidenciaban un enfoque punitivo y no preventivo de los incidentes reportados.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 159-171
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

Identificación de Peligros y Valoración de Riesgos Inicial (Matrices IPERVR)

La fase de diagnóstico cuantitativo mediante el método de la Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos con Valoración de Resultados (IPERVR) permitió mapear la criticidad de un total de 45 puestos de trabajo evaluados en los tres turnos operativos. El análisis ex-ante obtuvo una identificación de un predominio de riesgos categorizados como Intolerables y Moderados, siendo vinculados directamente a la naturaleza geométrica y operativa de las líneas de procesamiento. En el puesto de corte y cubicado automatizado el peligro mecánico por atrapamiento y corte relacionado al acceso directo a las cuchillas de alta velocidad contiene un Nivel de Riesgo que es calificado como Intolerable, derivándolo de un nivel de deficiencia de 10, un nivel de exposición continuo de 4 y un nivel de consecuencia muy grave siendo evaluado en 60 puntos. Al igual que en el área de lavado y selección, siendo el peligro físico por exposición a superficies húmedas y resbaladizas es valorado como un riesgo Moderado con alta probabilidad de ocurrencia. En las estaciones de empaque manual y paletizado, los peligros ergonómicos asociados a movimientos repetitivos de extremidades superiores con bipedestación prolongada y posturas forzadas son clasificados de manera unánime como riesgos Moderados que tienen tendencia a evolucionar a enfermedades profesionales.

Tabla 1. Matriz Comparativa de Riesgos Críticos por Puesto de Trabajo Ex-Ante y Ex-Post Intervención.

Puesto de Trabajo Evaluado	Peligro Identificado	ND(ex)	NE(ex)	NR(Ex-Ante)	ND(post)	NE(post)	NR(Ex-Post)	Control de Ingeniería Aplicado
Recepción y Selección	Ergonómico: Posturas forzadas y bipedestación prolongada.	6	3	**Moderado**	2	3	**Tolerable**	Alfombras ergonómicas y plataformas de descanso ajustables.
Lavado e Higienización	Físico: Caídas al mismo nivel por superficies húmedas.	6	4	**Moderado**	2	4	**Tolerable**	Revestimiento epóxico antideslizante con desagüe de alta eficiencia.
Corte y Cubicado	Mecánico: Atrapamiento y amputación por cuchillas de alta velocidad.	10	4	**Intolerable**	2	2	**Tolerable**	Resguardos físicos fijos e interruptores magnéticos de parada de emergencia.
Línea de Empaque	Ergonómico: Desórdenes musculoesqueléticos por	6	4	**Moderado**	2	2	**Trivial**	Rediseño de estaciones de

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 159-171
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

	movimientos repetitivos.							trabajo con mesas de altura regulable y rotación horaria.
Cuartos Fríos / Almacén	Físico: Exposición prolongada a bajas temperaturas.	6	3	**Moderado**	2	2	**Tolerable**	Automatización de compuertas y exclusas térmicas de aislamiento.

Reducción Cuantitativa de los Índices de Siniestralidad Laboral

Tras transcurrir el horizonte temporal de doce meses de maduración y auditoría continua del sistema de gestión de seguridad industrial basado en la norma ISO 45001, los indicadores clave de rendimiento (KPI) demostraron una transformación drástica en la dinámica de accidentabilidad de la planta. El número total de accidentes que son registrados en el trabajo anualmente se contrajo de 28 eventos en la línea base a únicamente 10 eventos durante el periodo post-intervención, lo que significa una disminución neta del 64.2%. Al procesar estos datos mediante las ecuaciones estandarizadas de la OIT el Índice de Frecuencia (IF) de accidentes experimentó un descenso estadísticamente significativo transitando de un valor inicial de 93.33 accidentes por cada millón de horas-hombre trabajadas a una tasa de 33.33 al cierre del año de evaluación. Esta reducción demuestra la efectividad de las barreras físicas e interruptores magnéticos instalados en las líneas automáticas de procesamiento de vegetales. Por otra parte, el impacto económico y operativo del sistema se reflejó con mayor contundencia en la mitigación de los días perdidos por incapacidad médica laboral. El consolidado anual de jornadas que no son laboradas debido a siniestros pasó de 340 días en la etapa ex-ante a 95 días en la etapa ex-post representando una reducción del 72.1%. Al calcular el Índice de Gravedad (IG) se observó la severidad de las lesiones la cual disminuyó de un valor de 1133.33 días perdidos por millón de horas trabajadas a 316.67 en el periodo evaluado. Este comportamiento es atribuido de manera directa a la eliminación completa de accidentes mayores con incapacitantes severas como amputaciones o fracturas complejas, restringiéndose los eventos remanentes a incidentes menores con baja gravedad como contusiones leves o laceraciones superficiales que requirieron únicamente atención de primeros auxilios con retornos inmediatos a las labores.

Tabla 2. Indicadores Mensuales de Accidentabilidad, Severidad y Ausentismo General (Periodo Evaluado de 12 Meses).

Meses). Periodo / Mes	**Horas-Hombre Trabajadas (HHT)**	**Número de Accidentes (AT)**	**Días Perdidos (DP)**	**Índice de Frecuencia (IF)**	**Índice de Gravedad (IG)**	**Tasa de Ausentismo Porcentual**
Línea Base (Ex-Ante)	**300,000**	**28**	**340**	**93.33**	**1133.33**	**5.8%**
Mes 1 (Inicio)	25,000	2	24	80.00	960.00	5.2%

Mes 2	25,000	1	15	40.00	600.00	4.7%
Mes 3	25,000	1	12	40.00	480.00	3.9%
Mes 4	25,000	1	10	40.00	400.00	3.1%
Mes 5	25,000	1	8	40.00	320.00	2.5%
Mes 6 (Mitad)	25,000	0	0	0.00	0.00	2.1%
Mes 7	25,000	1	7	40.00	280.00	1.9%
Mes 8	25,000	0	0	0.00	0.00	1.8%
Mes 9	25,000	1	5	40.00	200.00	1.6%
Mes 10	25,000	0	0	0.00	0.00	1.6%
Mes 11	25,000	1	4	40.00	160.00	1.5%
Mes 12 (Cierre)	25,000	1	10	40.00	400.00	1.5%
Consolidado (Ex-Post)	300,000	10	95	33.33	316.67	1.5%

Impacto en la Tasa de Ausentismo y Eficacia de los Controles Ergonómicos

La optimización de las condiciones ambientales y el rediseño ergonómico de los puestos de trabajo ejercieron una influencia directa sobre la disponibilidad del personal operativo. La tasa de ausentismo general de la planta, que promediaba un 5.8% mensual en la línea base debido a constantes permisos médicos por lumbalgias, tendinitis y síndromes de túnel carpiano en el área de empaque, se redujo de manera sostenida hasta estabilizarse en un 1.5% a la finalización del periodo de estudio. La evaluación ergonómica de control mediante el método REBA (Rapid Entire Body Assessment) durante las líneas de empaque automatizadas verificaron que la instalación de plataformas de descanso regulables en conjunto con la rotación programada de turnos cada dos horas redujeron la carga postural de un nivel de acción crítico con puntuación > 8 a un nivel de riesgo bajo tolerable con puntuación < 3. Adicionalmente, el tratamiento epóxico antideslizante que se aplicó en los pisos erradicó en un 100% los incidentes por resbalones y caídas en el área de lavado de vegetales obteniendo un entorno de trabajo seguro que potenció el rendimiento de cada operario.

Validación Estadística de la Hipótesis de Investigación

Para confirmar la validez científica de los hallazgos y descartar que las reducciones métricas obedecieran a fluctuaciones aleatorias de la producción, se procedió a realizar el análisis de significancia estadística a través del software SPSS versión 25. La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk determinó que los datos mensuales de los Índices de Frecuencia e Índices de Gravedad seguían una distribución normal $p > 0.05$. Aplicando la prueba t de Student para muestras relacionadas, comparando las medias mensuales del periodo ex-ante frente al ex-post, obtuvo un valor de $t = 5.42$ para el Índice de Frecuencia y para el Índice de Gravedad un valor de $t = 6.18$. En ambos análisis el valor de significancia estadística bidireccional fue de $p = 0.001$, siendo marcadamente inferior al umbral crítico establecido de $\alpha = 0.05$. Estos resultados matemáticos permiten que haya un rechazo de manera categórica la hipótesis nula y aceptar formalmente la hipótesis de investigación, lo que demuestra con un 95% de confianza que la implementación del sistema de gestión de seguridad industrial que está basado en

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 159-171
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

matrices IPERVR y controles de ingeniería disminuye significativamente los niveles de siniestralidad y gravedad de los accidentes en la planta procesadora de vegetales.

DISCUSIÓN

Los hallazgos cuantitativos derivados de la presente investigación demuestran de manera contundente la efectividad de la implementación de un sistema de gestión de seguridad industrial basado en la norma ISO 45001 y matrices IPERVR para mitigar la siniestralidad dentro del sector agroalimentaria de procesamiento vegetal. Al contrastar de forma crítica la reducción del 64.2% en el Índice de Frecuencia (IF) de accidentes obtenida en este estudio, se observa una clara convergencia con las tendencias reportadas por la literatura científica internacional contemporánea. Diversos autores sostienen que la transición desde un modelo de seguridad reactivo hacia uno estructurado bajo la mejora continua del ciclo PHVA logra reducciones drásticas en los incidentes operativos mecánicos, situando el rango de efectividad general de estas intervenciones sistemáticas entre el 50% y el 70% en pymes industriales (9, 16). Esto valida que la naturaleza del sector alimentario, a pesar de sus altas tasas de humedad ambiental y flujos de alta velocidad, responde positivamenet a la estandarización técnica de los controles operativos (2).

Un aspecto analítico medular en esta investigación radica en la drástica contracción del 72.1% en los días perdidos por incapacidad médica laboral y la consecuente disminución del Índice de Gravedad (IG). Este comportamiento se distancia de lo expuesto por investigaciones previas en plantas agroindustriales convencionales de la región, donde se argumentaba que, si bien los sistemas de gestión disminuían el número global de incidentes, la severidad de los eventos mecánicos remanentes (como amputaciones o atrapamientos en maquinaria de corte) solía mantenerse constante debido a la falta de inversión de capital en barreras físicas duras (17). En nuestro caso de estudio, la erradicación total de siniestros incapacitantes mayores obedece de forma directa a la estricta priorización de los controles de ingeniería —como la instalación de resguardos físicos fijos e interruptores magnéticos de parada de emergencia en las cubicadoras automatizadas— por encima de las tradicionales medidas administrativas o el mero uso de Equipos de Protección Individual (10). Este enfoque metodológico refuerza la premisa de que la inversión en barreras de ingeniería colectivas es la única vía metodológica capaz de alterar la gravedad intrínseca de los peligros en entornos de manufactura de alta velocidad (10, 11).

Desde la perspectiva económica, la implementación de los principales controles de ingeniería representó una inversión aproximada de USD 18 500, distribuida entre la instalación de revestimientos epóxicos antideslizantes, resguardos físicos, sensores magnéticos de parada de emergencia y adecuaciones ergonómicas de las estaciones de trabajo. Sin embargo, la reducción del ausentismo laboral del 5.8 % al 1.5 %, junto con la disminución de los días perdidos por accidentes, permitió recuperar una parte importante de dicha inversión mediante el incremento de horas efectivamente trabajadas, la reducción de costos asociados a reemplazos temporales, atención médica y pago de subsidios por incapacidad. Adicionalmente, el fortalecimiento del

cumplimiento legal disminuyó el riesgo de sanciones administrativas derivadas del incumplimiento de la normativa de seguridad y salud en el trabajo, evidenciando que la implementación del sistema de gestión constituye una inversión productiva con beneficios económicos y operacionales para la organización.

Por otra parte, la reducción de la tasa de ausentismo general del 5.8% al 1.5% tras la ejecución de rediseños ergonómicos mediante el método REBA y la aplicación de recubrimientos epóxicos antideslizantes aporta evidencia empírica crucial sobre una discusión latente en el sector: la existente entre la seguridad del trabajador y la productividad corporativa. Algunos investigadores afirman que el ausentismo recurrente en las líneas de empaque de alimentos preparados es un factor estructural difícil de mitigar debido a la naturaleza repetitiva y monótona del puesto (18). No obstante, los datos recolectados demuestran que al atenuar la carga postural mediante plataformas regulables y rotaciones programadas, no solo disminuyen los desórdenes musculoesqueléticos, sino que se estabiliza la continuidad de la línea de manufactura. Esto corrobora los postulados teóricos que señalan que los costos de implementación de un SGSST son absorbidos de manera orgánica por la organización al eliminar los sobrecostos asociados al reemplazo temporal de personal calificado y las penalizaciones por retrasos en los despachos de productos frescos (1, 4).

Finalmente, es imperativo reconocer las limitaciones del presente estudio. Al haberse desarrollado bajo un diseño cuasi-experimental longitudinal enfocado en una única mediana empresa agroindustrial, los coeficientes de correlación y las tasas de reducción específicas del sector vegetal no pueden generalizarse directamente a otras ramas alimentarias de alta complejidad biológica, como la industria cárnica o la de procesamiento lácteo, donde las variables higiénicas y los vectores de riesgo por patógenos imponen restricciones aún más severas a los materiales de ingeniería convencionales (6, 14). El horizonte temporal de evaluación post-intervención está acotado a doce meses, lo que restringe la observación de la sostenibilidad de la cultura preventiva de los operarios en largo plazo. Se sugiere que para futuras líneas de investigación la realización de estudios multicéntricos donde se evalúen la integración automatizada de las matrices IPERVR con las plataformas digitales con el monitoreo en tiempo real permitiendo estimar con modelos estadísticos predictivos la probabilidad de ocurrencia de siniestros ante variaciones estacionales de la demanda de producción.

CONCLUSIONES

Se diagnosticó que la planta agroindustrial operaba inicialmente bajo un esquema reactivo con un índice de cumplimiento legal de apenas el 42% en materia de seguridad y salud ocupacional, concentrándose las mayores deficiencias en la falta de resguardos físicos en las maquinarias de corte automático y en la ausencia de procedimientos normalizados de trabajo seguro para entornos húmedos. La matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos con Valoración de Resultados (IPERVR) aplicada permitió mapear los niveles críticos de los puestos de trabajo, clasificando como intolerables los peligros mecánicos de atrapamiento, mientras que moderados se

caracterizaron los riesgos de caídas al mismo nivel y las afecciones ergonómicas por movimientos repetitivos en las estaciones de empaque.

El diseño con implementación del sistema de gestión de seguridad industrial, estructurado bajo el ciclo de mejora continua de la norma ISO 45001, priorizó de manera estricta los controles de ingeniería colectivos por sobre los administrativos. Las intervenciones técnicas clave fueron constituidas con la instalación de resguardos fijos con sensores magnéticos de parada de emergencia en las líneas de cubicado, mientras que el revestimiento epóxico antideslizante en las áreas de lavado de vegetales para anular el factor de humedad superficial con el rediseño ergonómico mediante estaciones ajustables, logró mitigar de forma integral la severidad de los peligros evaluados en la línea base de la organización.

La evaluación estadística tras doce meses de monitoreo post-intervención demostró la efectividad del sistema de gestión con una reducción del 64.2% en el Índice de Frecuencia de accidentes y una contracción con el 72.1% en el Índice de Gravedad de las lesiones lo que erradica por completo los siniestros por incapacitantes mayores. Asimismo, la tasa de ausentismo laboral tuvo un descenso del 5.8% al 1.5% debido al control de los desórdenes musculoesqueléticos. Las pruebas paramétricas t de Student validaron la hipótesis de investigación con un alto nivel de significancia estadística del $p = 0.001$, demostrando con rigor científico que la gestión proactiva de la seguridad industrial disminuye drásticamente la siniestralidad y el ausentismo en la empresa alimentaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Internacional del Trabajo. Seguridad y salud en el centro del futuro del trabajo: Aprovechar 100 años de experiencia. Ginebra: OIT; 2019.
2. Alvareda M, Santos J. Gestión de riesgos laborales en la industria agroalimentaria contemporánea. Rev Ciencias Trabajo. 2021;23(68):112-120.
3. Ramírez G, Torres L. Análisis de accidentes de trabajo mecánicos y ergonómicos en plantas de procesamiento de vegetales. Avances Investigación Agroind. 2022;16(2):45-58.
4. Asfahl CR, Rieske DW. Seguridad industrial y salud en el trabajo. 7a ed. México: Pearson Educación; 2019.
5. González R, Martínez S, Pérez J. Desafíos de la normativa de salud ocupacional en las pequeñas y medianas empresas de América Latina. Rev Salud Pública Global. 2020;14(3):201-215.
6. Smith T, Jones M. The intersection between food safety systems (HACCP) and occupational health and safety. J Food Protect. 2022;85(4):612-624.
7. López H, Castro M. Sinergia operativa entre ISO 22000 e ISO 45001 en la manufactura de alimentos preparados. Rev Calidad Agroalimentaria. 2023;29(1):78-92.
8. Ortega F. Impacto de los accidentes laborales en la contaminación cruzada biológica de líneas de producción agroindustrial. Food Security Safety Int. 2021;9(2):144-156.

9. International Organization for Standardization. Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use (ISO Standard No. 45001:2018). Ginebra: ISO; 2018.
10. Heinrich HW, Petersen D, Roos NE. Industrial accident prevention: a safety management approach. 5a ed. Nueva York: McGraw-Hill; 1980.
11. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional (GTC 45). Bogotá: ICONTEC; 2012.
12. Merino A, Silva J. Evaluación cualicuantitativa de riesgos industriales a través de matrices IPERVR en la agroindustria de alimentos frescos. Res Safety Sci. 2020;44(3):310-325.
13. Castillo V, Paredes E. Cultura de seguridad, liderazgo organizacional y su impacto en la reducción de la siniestralidad. Rev Latinoamericana Psicología Trabajo. 2022;11(2):89-102.
14. Baker P, Downing C. Engineering controls versus personal protective equipment in wet environments of food processing facilities. Int J Occup Saf Ergonom. 2023;29(1):15-27.
15. Hernández-Sampieri R, Mendoza CP. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: McGraw-Hill; 2018.
16. Neumann WP, Dul J. Integrating human factors into production system design: A de facto standard approach. Human Factors Ergonom Manuf. 2020;30(4):243-257.
17. Vargas M, Gutiérrez R. Análisis longitudinal de la gravedad de accidentes en la industria de manufactura con maquinaria automatizada. Rev Prevención Riesgos. 2021;18(4):214-228.
18. Choobineh A, Tabatabaei SH, Tozihian M. Musculoskeletal problems and ergonomic assessment of posture in vegetable processing workers. Int J Ind Ergonom. 2022;88(2):103-115.
19. Montgomery DC. Introduction to statistical quality control. 8a ed. Nueva York: John Wiley & Sons; 2019.
20. Chang FR, Wang YL. Occupational accident frequency and severity rate trends: A multicenter study in agro-industrial packaging lines. Safety Science J. 2024;170(1):106-118.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 172-189

DOI:
https://doi.org/10.56519/ksq6zq91
Agosto 2026

ELABORACIÓN DE MERMELADA PREBIÓTICA CON DIFERENTES NIVELES DE PULPA DE COPOAZÚ

PREPARATION OF PREBIOTIC JAM WITH DIFFERENT LEVELS OF COPOAZÚ PULP

Jonathan Francisco Parra León[1], Luis Fernando Arboleda Álvarez[2]

{jonathanf.parra@espoch.edu.ec[1], luisf.arboleda@espoch.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 21/07/2026 / Fecha de aceptación: 18/08/2026 / Fecha de publicación: 25/08/2026

RESUMEN: La presente investigación tuvo como objetivo elaborar una mermelada prebiótica utilizando diferentes niveles de pulpa de copoazú (Theobroma grandiflorum), con la finalidad de obtener un producto funcional con características fisicoquímicas, sensoriales y económicas adecuadas para el consumo humano. Se aplicó un Diseño Completamente al Azar con tres tratamientos correspondientes a diferentes porcentajes de pulpa de copoazú: T1 (30 %), T2 (40 %) y T3 (50 %), cada uno con cinco repeticiones de 500 gramos. Las muestras elaboradas fueron sometidas a análisis fisicoquímicos, evaluación sensorial y análisis económico. Entre los parámetros fisicoquímicos evaluados se determinaron humedad, pH, acidez titulable, cenizas, actividad de agua, fibra bruta y sólidos solubles (°Brix). Los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos para algunas variables, evidenciando que el incremento del porcentaje de pulpa influye en las características finales del producto. En cuanto al mejor tratamiento fue al 40% de adición de pulpa de copoazú (T2), presentó el valor más alto en fibra (1,38%), ceniza (0,24%), menor Aw (0,863%), lo que demuestra el aporte funcional del copoazú como fuente natural de fibra dietética. La evaluación sensorial se llevó a cabo mediante escala hedónica donde no se evidencio diferencias significativas entre tratamientos en ninguno de los atributos evaluados. Asimismo, el análisis económico permitió determinar la viabilidad del proceso mediante el cálculo de costos de producción y relación beneficio-costo. Se concluye que la incorporación de pulpa de copoazú permitió obtener una mermelada con características de calidad adecuadas, potencial prebiótico asociado al contenido de fibra y aceptación sensorial favorable, constituyéndose en una alternativa innovadora para el aprovechamiento agroindustrial de esta fruta amazónica.

Palabras clave: Copoazú, mermelada prebiótica, fibra dietética, alimento funcional, innovación alimentaria

ABSTRACT: The present research aimed to develop prebiotic jam using different levels of copoazu pulp (Theobroma grandiflorum) to obtain a functional product with

[1]Autor de la investigación. Egresada de la Carrera de Ingeniería en Agroindustria. FCP. ESPOCH, https://orcid.org/0009-0007-6999-3214

[2]Director del trabajo de Titulación. Docente de la Carrera de Agroindustria. FCP. ESPOCH, https://orcid.org/0000-0001-5541-6239; +5930987056411.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 172-189
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

physicochemical, sensory, and economic characteristics suitable for human consumption. A completely randomized design was applied with three treatments corresponding to different percentages of copoazu pulp: T1 (30%), T2 (40%), and T3 (50%), each with five replicates of 500 grams. The samples were subjected to physicochemical analyses, sensory evaluation, and economic analysis. Among the physicochemical parameters evaluated were moisture content, pH, titratable acidity, ash content, water activity, crude fiber, and soluble solids (°Brix). The results showed significant differences among treatments for some variables, indicating that increasing the pulp percentage influences the final characteristics of the product. Regarding the best-performing treatment, the 40% copoazu pulp formulation (T2) showed the highest fiber content (1.38%), the highest ash content (0.24%), and the lowest water activity (0.863%), which highlights the functional contribution of copazu as a natural source of dietary fiber. Sensory evaluation was carried out using a hedonic scale, and no significant differences were found among treatments for any of the attributes assessed. Likewise, the economic analysis made it possible to determine the feasibility of the process through the calculation of production costs and the benefit-cost ratio. It is concluded that the incorporation of copoazu pulp yielded a jam with suitable quality characteristics, prebiotic potential linked to its fiber content, and favorable sensory acceptance, positioning it as an innovative alternative for the agro-industrial utilization of this Amazonian fruit.

Keywords: Copoazú, prebiotic jam, dietary fiber, functional food, food innovation

INTRODUCCIÓN

El interés por los alimentos funcionales ha crecido de manera significativa en los últimos años, ya que los consumidores buscan opciones que no solo aporten nutrientes básicos sino vayan también aportando contribuciones a la salud y prevenir enfermedades. Dentro de este, los alimentos prebióticos destacan porque ayudan a mantener el equilibrio de la microbiota intestinal, además fortalecen el sistema inmunológico y aportan beneficios frente a problemas crónicos no transmisibles este es un enfoque que abre la puerta al desarrollo de nuevos productos o el mejoramiento de productos tradicionales como la mermelada, productos que si bien no se puede cambiar del todo su formulación se puede hacer que sea algo más beneficiosa del productos que se consume normalmente y tener un beneficio a la salud (1).

Las mermeladas se catalogan como productos de consumo frecuente en los hogares, son aceptados por gran parte de la población del Ecuador y del mundo (2); esto hace que se puedan incorporar prebióticos de manera práctica, y así tener la posibilidad de transformar un alimento en alimento funcional que aporte beneficios a la salud, haciendo que se pueda ampliar la innovación en la agroindustria y estando dentro de las tendencias actuales del mercado de consumo de alimentos.

Bajo este concepto se crea la idea de hacer una mermelada aprovechando la fibra del Copoazú (Theobroma grandiflorum) un fruto amazónico que es aparente al cacao, con propiedades aromáticas agradables ligeramente ácido y con un sabor exótico que lo hace un candidato espectacular para desarrollar nuevos alimentos. Esto sin mencionar

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 172-189
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

todos los beneficios que supondría para comunidades amazónicas fomentando la valorización de especies nativas y generando un impacto en las comunidades que dependen de su cultivo y comercialización, según (3) menciona que esta fruta se puede convertir en un ingrediente útil en la fabricación de alimentos ricos y saludables.

Este proceso favorece la producción de metabolitos con efectos positivos en la salud intestinal. La propuesta de una mermelada prebiótica a base de copoazú se convierte en una idea innovadora que combina sabor, aroma, color y textura con un valor fisiológico adicional, la mermelada esta fruta se le han añadido ingredientes prebióticos (como la pectina de la fruta o inulina) saludables para el consumidor.

Este trabajo tiene como objetivos:

1. Evaluar las propiedades fisicoquímicas de la mermelada elaborada con diferentes niveles de pulpa de copoazú (30,40 y 50% de pulpa de fruta).

2. Establecer las características organolépticas mediante pruebas sensoriales.

3. Establecer los costos de producción y su rentabilidad mediante el indicador beneficio-costo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y duración del experimento

La investigación se desarrolló en el Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), ubicada en el km 1½ de la Panamericana Sur. Los análisis de laboratorio se llevaron a cabo en el Laboratorio de Alimentos y Bromatología de la misma facultad. La fase experimental tuvo una duración total de 360 horas.

Unidades experimentales

Cada unidad experimental estuvo compuesta por tres tratamientos los cuales tuvieron en su mezcla 30%, 40% y 50% de pulpa de copoazú y demás componentes que se usan como ingredientes para la mermelada, los cuales que a su vez se repartieron en cinco repeticiones por tratamiento; cada una compuesta por 500g de producto, dando un total de 2500g por tratamiento.

Tratamiento y diseño experimental

En este trabajo experimental se evaluó el efecto de los diferentes niveles de pulpa de copoazú (30,40 y 50% de adición) en la elaboración de mermelada, utilizándose 5 repeticiones por lo que obtuvo un total de 2500 ml por cada tratamiento, bajo un diseño completamente al azar (DCA) en un arreglo combinatorio mediante un modelo lineal aditivo.

Los resultados de los ensayos físicos se analizaron mediante:

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 172-189
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

- Análisis de varianza (ADEVA) con P < 0,05.
- Comparaciones múltiples entre las medias, mediante la prueba de Tukey (P < 0,05).
- Los resultados del análisis sensorial fueron obtenidos de acuerdo a la prueba de Kruskal wallis
- Se utilizó el software estadístico INFOSTAT para la tabulación de los datos.

Tabla 1. Esquema del experimento.

Niveles de pulpa añadida	Repeticiones	TUE*	Total/g
30%	5	500	2500
40%	5	500	2500
50%	5	500	2500
Total			7500

Elaborado por: Parra, J., 2026

Análisis estadístico y pruebas de significancia

Los datos obtenidos se sometieron a un Análisis de Varianza (ANOVA) correspondiente al diseño completamente al azar (DCA), con el objetivo de determinar si existen diferencias significativas entre tratamientos en las variables evaluadas; si se detectan diferencias significativas (p < 0,05), se aplica la prueba de Tukey para comparar las medias de los tratamientos y establecer el nivel óptimo de pulpa de copoazú en la formulación de la mermelada

Tabla 2. Esquema del análisis de varianza (ADEVA).

Fuente de variación	Grados de libertad (gl)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado medio (CM)	F calculado
Tratamientos	t – 1	SCT	SCT/(t – 1)	CMtrat/CMerror
Error	N – t	SCE	SCE/(N – t)	
Total	N – 1	SCTotal		

Elaborado por: Parra, J., 2026

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 172-189
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

Procedimiento experimental

Se selecciono frutos de copoazú maduros y sin daños, se les lavo con agua potable, la pulpa fue extraída abriendo el fruto y superándola manualmente de las semillas. Se realizo la formulación base y se le añadió los diferentes porcentajes de copoazú (30,40 y 50%).

Una vez realizada la formulación se procedió a colocar la pulpa en una marmita de acero inoxidable y se le agregó azúcar y parte del agua, luego se incorporó pectina disuelta en agua tibia para evitar grumos y se continuo con la cocción hasta alcanzar 65-68˚Brix.

Se esterilizo frascos de vidrio y tapas (agua caliente a 100 ˚C) y se llenó con la mermelada caliente (85-90˚C), posteriormente se dejó enfriar y se almaceno en un lugar fresco y seco.

Los parámetros fisicoquímicos evaluados fueron pH, sólidos solubles (°Brix), acidez titulable, Actividad de agua (Aw), humedad, cenizas, fibra bruta.

La evaluación sensorial se realizó con 50 panelistas no entrenados mediante una escala hedónica estructurada de cinco puntos, considerando los atributos de color, olor, sabor, textura y apariencia. Finalmente, se efectuó un análisis económico mediante el indicador beneficio/costo para determinar la viabilidad de las formulaciones evaluadas.

RESULTADOS

Humedad

Se obtuvieron promedios de 36.17 para el tratamiento 1 (T1); 35.61 para el tratamiento 2 (T2) y 34.82 para el tratamiento 3 (T3); medias que no mostraron diferencias significativas entre las muestras, lo cual es un indicador claro de que el nivel de agua que se añadió no es diferente del nivel de agua que trae la pulpa de la fruta una vez extraída, se podría inferir que el contenido de agua en la fruta dentro de su composición natural es muy alto, (4) menciona que también tiene que ver con la estabilidad microbiológica, de acuerdo con los análisis realizados la humedad está por debajo del 40 % un indicador de que otros componentes como el azúcar están en mayor concentración y puede tener un efecto favorable en la conservación de manera indirecta.

Potencial de hidrógeno (pH)

El pH conocido como potencial hidrógeno es fundamental en la evaluación físico química de los alimentos, es un factor determinante en la conservación, palatabilidad y estabilidad microbiológica del mismo (5). En los resultados obtenidos se observaron diferencias significativas entre tratamientos, donde T2 presentó el menor valor de pH (3.69), mientras que T1 y T3 registraron valores de 3.87 y 3.82, respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ellos. Se puede decir además que el pH obtenido contribuye positivamente a la estabilidad microbiológica de la mermelada. Según lo que menciona (6), los alimentos con pH inferiores a 4.5 presentan menor riesgo de crecimiento de microorganismos.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 172-189
DOI:
https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

Este comportamiento puede asociarse directamente con la proporción de pulpa de copoazú y la interacción de los ácidos orgánicos presentes naturalmente en la fruta con el ácido cítrico incorporado en la formulación, además de que influye en parámetros no medidos pero que son características de calidad como el nivel de gelificación de la pectina e influyente en consecuencia a la textura.

Aunque T3 presentó mayor contenido de pulpa (50 %), la reducción considerable de agua añadida pudo generar un efecto amortiguador debido a la concentración de sólidos y compuestos estructurales de la fruta. (7) señalan que los sistemas alimentarios ricos en polisacáridos, azúcares y minerales pueden modificar la actividad de los protones libres, provocando variaciones entre pH y acidez total.

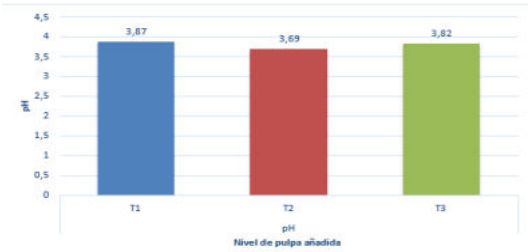


Figura 1. Comportamiento del pH entre los tres tratamientos.

Elaborado por: Parra, J. 2026

Acidez Titulable

El comportamiento del pH se relaciona estrechamente con la acidez titulable obtenida en los tratamientos, aunque ambos parámetros están asociados, el pH mide la concentración de iones hidrógeno libres, mientras que la acidez titulable cuantifica el total de ácidos presentes en el alimento (8). Esto explica por qué T3 presentó mayor acidez titulable, pero no el menor valor de pH. La presencia de fibra, sólidos solubles y minerales provenientes de la pulpa puede ejercer efecto tampón sobre el sistema, estabilizando parcialmente el valor del pH.

Desde el punto de vista tecnológico, los valores obtenidos fueron adecuados para la elaboración de mermeladas con pectina de alta metoxilación, utilizada en la formulación experimental. Este tipo de pectina requiere un rango de pH aproximado entre 2.8 y 3.8 para formar geles estables, debido a que la acidez reduce la repulsión electrostática entre cadenas de pectina y favorece la formación de la red gelificada. (9) menciona que valores de pH superiores disminuyen la capacidad gelificante y afectan la textura final del producto.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 172-189

DOI:
https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

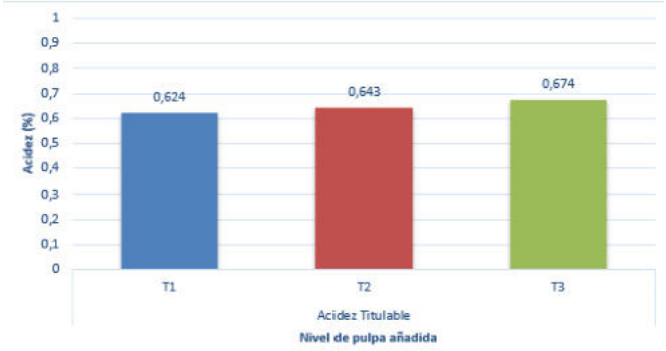


Figura 2. Comportamiento de la acidez titulable entre los tres tratamientos.

Elaborado por: Parra,J. 2026

Aunque el análisis de varianza evidenció diferencias significativas entre tratamientos para el pH, la regresión lineal presentó un **R^2 bajo (0,0724),** indicando que dichas diferencias no siguen un comportamiento lineal con el incremento del porcentaje de pulpa de copoazú. En consecuencia, el efecto del porcentaje de pulpa sobre el pH no puede explicarse adecuadamente mediante un modelo lineal simple.

La regresión lineal (**$y = 0,0025x + 0,547$; $R^2 = 0,98$**) muestra una relación lineal positiva muy fuerte entre el porcentaje de pulpa de copoazú y la acidez. A medida que aumenta la pulpa, la acidez también aumenta, y el modelo explica el **99 %** de la variación observada.

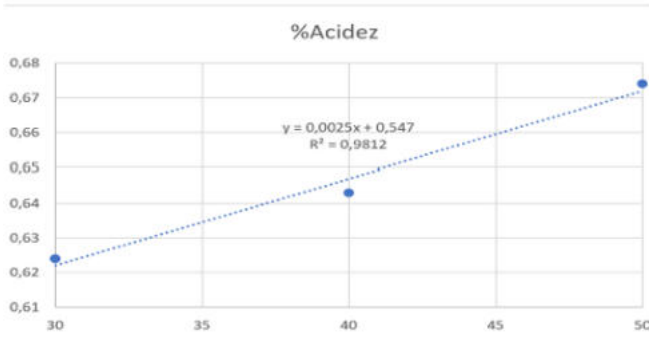


Figura 3. Correlación lineal de la acidez entre los tres tratamientos.

Elaborado por: Parra, J. 2026

Cenizas

El contenido de cenizas presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, siendo T2 el que registró el valor más alto (0.24 %), seguido por el T1 (0.21 %) y T3 (0.19 %); el parámetro estudiado representa el contenido total de minerales presentes en el producto.

El incremento observado en T2 puede atribuirse a una mayor disponibilidad de minerales provenientes de la pulpa de copoazú, especialmente potasio, calcio y fósforo, los cuales permanecen relativamente estables durante la cocción, pero en el T3, pese a

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 172-189
DOI:
https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

contener mayor porcentaje de pulpa, la disminución de cenizas podría relacionarse con fenómenos de dilución estructural y posibles pérdidas minerales durante el tratamiento térmico prolongado. Según (10) menciona que los procesos de concentración térmica pueden modificar la distribución mineral en productos frutales debido a interacciones con compuestos pépticos y precipitación de sales.

Además, el comportamiento de las cenizas guarda relación con el contenido de sólidos y la composición fisicoquímica del tratamiento.

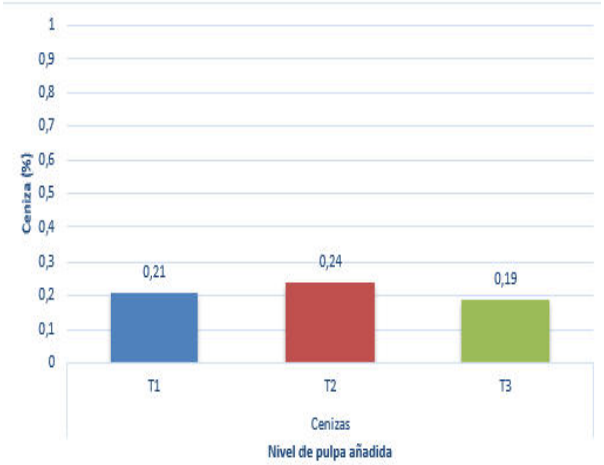


Figura 4. Comportamiento de ceniza entre los tres tratamientos.

Elaborado por: Parra J. 2026

La regresión lineal **($y = -0{,}0025x + 0{,}1133$; $R^2 = 0{,}9868$)** indica una relación lineal negativa muy fuerte entre el porcentaje de pulpa de copoazú y el contenido de cenizas. A medida que aumenta la pulpa, el contenido de cenizas disminuye ligeramente, explicando el modelo el **98,68 %** de la variación observada

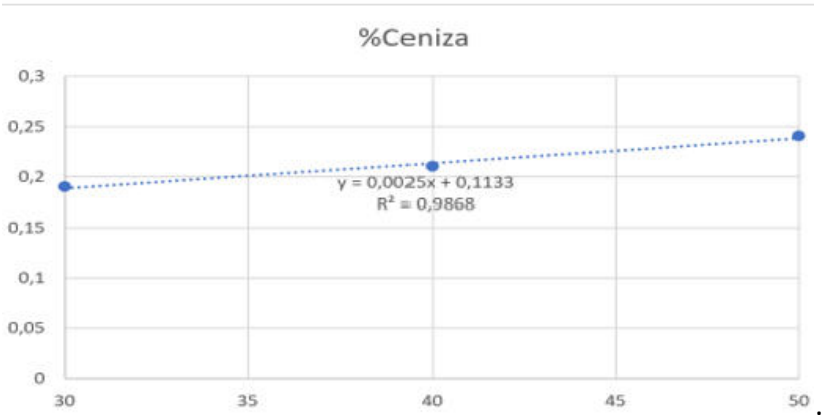


Figura 5. Correlación lineal de la ceniza entre los tres tratamientos.

Elaborado por: Parra J. 2026

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 172-189
DOI:
https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

Actividad de agua (Aw)

La actividad de agua (Aw) presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, donde el T2 presentó el valor más bajo (0.863), mientras que T3 alcanzó el valor más alto (0.900). Este comportamiento está directamente relacionado con la proporción de pulpa, el contenido de agua añadida y la concentración de sólidos solubles presentes en cada formulación.

El valor más pequeño de Aw en T2 indica una mayor retención de agua ligada dentro del producto final, que se infiere que fue favorecida por un equilibrio adecuado entre azúcar, pectina y compuestos estructurales de la pulpa. En sistemas tipo mermelada, los azúcares reducen la disponibilidad de agua libre mediante efectos osmóticos, limitando así la movilidad del agua y contribuyendo a la estabilidad del producto. Según (11) la disminución de la Aw en alimentos concentrados es uno de los principales mecanismos de conservación, ya que restringe el desarrollo microbiano y reduce la velocidad de deterioro químico.

En el tratamiento 3 por otro lado puede asociarse al mayor contenido de pulpa de copoazú, la cual aporta agua intracelular y compuestos hidrofílicos capaces de retener humedad dentro del sistema. Aunque este tratamiento presentó menor contenido de agua añadida, la fruta contribuyó significativamente al agua disponible total. Además, la reducción de sólidos solubles observada en T3 disminuyó el efecto depresor del azúcar sobre la actividad de agua, favoreciendo valores más elevados de Aw.

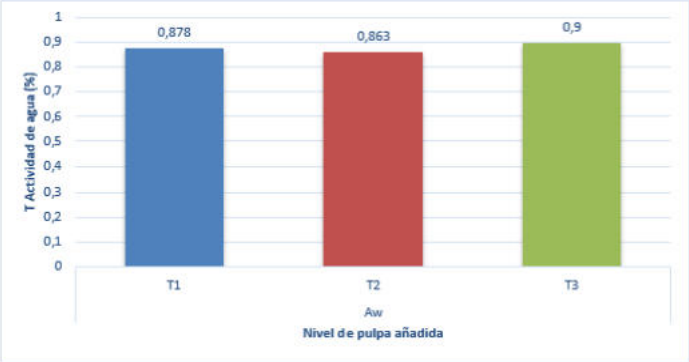


Figura 6. Comportamiento de la actividad de agua (Aw) entre los tres tratamientos.

Elaborado por: Parra J. 2026

La Aw también mostró relación inversa con los sólidos solubles obtenidos en los tratamientos. T1 presentó mayor °Brix y una Aw inferior a T3, confirmando lo dicho por (12) que el incremento de azúcares favorece la inmovilización del agua libre. Este comportamiento coincide con lo reportado por (13), quien señala que alimentos con alta concentración de sólidos solubles presentan menor actividad de agua debido a la formación de enlaces entre moléculas de agua y solutos.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 172-189

DOI:
https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

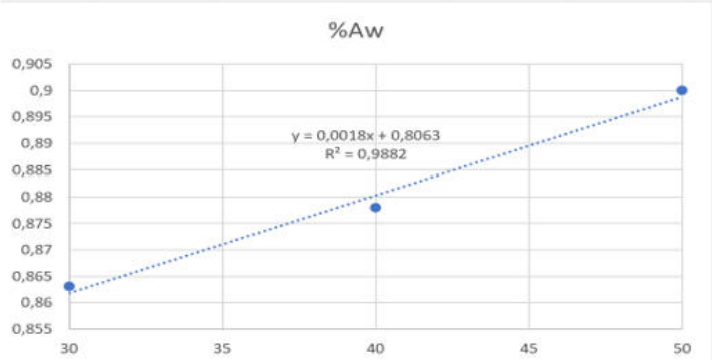


Figura 7. Correlación lineal de la Aw entre los tres tratamientos.

Elaborado por: Parra J.2026

La ecuación de regresión mostró una relación lineal positiva y un coeficiente de determinación elevado (R^2=0,9882), indicando que el porcentaje de pulpa influyó significativamente sobre este parámetro. Este comportamiento puede atribuirse al aporte de humedad propio de la pulpa de copoazú.

Fibra bruta

La fibra bruta presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, obteniéndose el mayor valor en T2 (1.38 %), seguido de T1 (1.26 %) y T3 (1.11 %), el comportamiento se asegura es directamente influenciado por la proporción de pulpa de copoazú y por el efecto del procesamiento térmico sobre los componentes estructurales de la fruta. El incremento observado en T2 puede atribuirse a una adecuada concentración de tejido vegetal en la formulación, permitiendo conservar mayor cantidad de polisacáridos estructurales como celulosa, hemicelulosa y pectinas insolubles. Aunque, en T3, pese a contener mayor porcentaje de pulpa, se evidenció una disminución de fibra, posiblemente asociada a la degradación térmica. Según (14) la celulosa, hemicelulosa y lignina formar parte de este fruto y durante la cocción y concentración del producto pueden degradarse ya que la temperatura en la hornilla pudo haber variado en un momento crítico. El comportamiento de la fibra guarda relación con la consistencia y retención de agua del producto ya que las fibras dietéticas poseen capacidad de hidratación y formación de redes estructurales, influyendo sobre parámetros como viscosidad y actividad de agua. (15) menciona que, en productos derivados de frutas, la estabilidad de la fibra depende tanto de la intensidad térmica como del equilibrio entre sólidos solubles y contenido de humedad.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 172-189

DOI:
https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

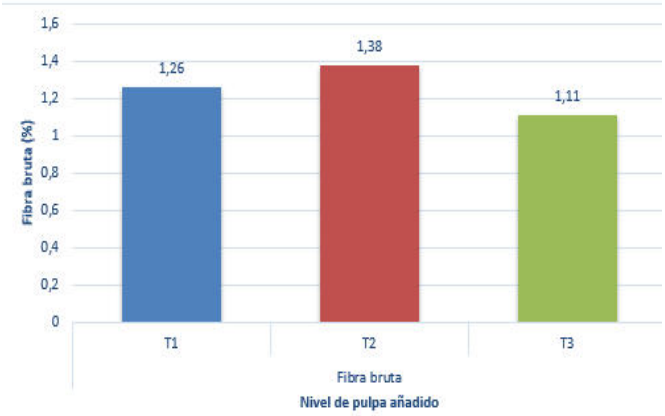


Figura 8. Comportamiento de la fibra bruta entre los tres tratamientos.

Elaborado por: Parra, J. 2026.

Aunque el tratamiento con 40% de pulpa presentó el mayor contenido de fibra bruta, no se observó una relación lineal fuerte entre el porcentaje de pulpa y el contenido de fibra, debido al bajo coeficiente de determinación (R^2=0,3074). Esto indica que otros factores, como el procesamiento térmico o la variabilidad experimental, pudieron influir en los resultados

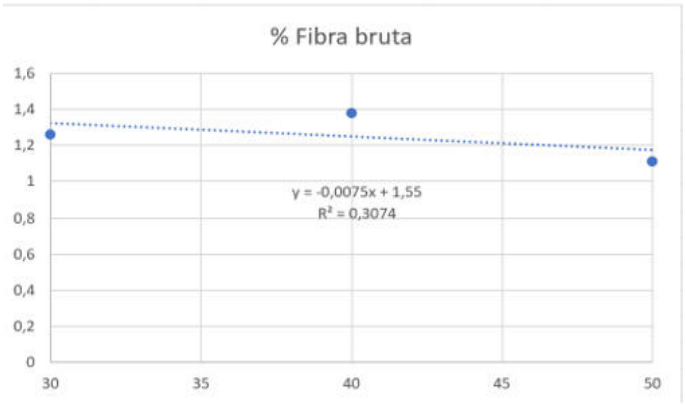


Figura 9. Correlación lineal de la fibra bruta entre los tres tratamientos.

Elaborado por: Parra, J. 2026.

Solidos solubles (˚Brix)

Los sólidos solubles presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, registrándose el mayor valor en T1 (65.1 °Brix) y el menor en T3 (62.4 °Brix), comportamiento estuvo influenciado por el incremento del contenido de pulpa de copoazú y la disminución relativa de sólidos solubles disponibles en la formulación, y a medida que aumentó la proporción de fruta, se incorporaron mayores cantidades de agua intrínseca y compuestos insolubles, generando un efecto de dilución sobre la concentración final de azúcares y sólidos disueltos.

Desde el punto de vista normativo, T1 fue el único tratamiento que cumplió el mínimo establecido para mermeladas, las cuales indican valores mínimos cercanos a 65 °Brix

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 172-189
DOI:
https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

para garantizar estabilidad, consistencia y conservación del producto. En T2 y T3, los valores inferiores podrían afectar la capacidad de conservación debido a una menor presión osmótica y mayor disponibilidad de agua para el desarrollo microbiano, pero al nivel de pH que se trabaja en todos los tratamientos se puede enfrentar y contrarrestar esta situación.

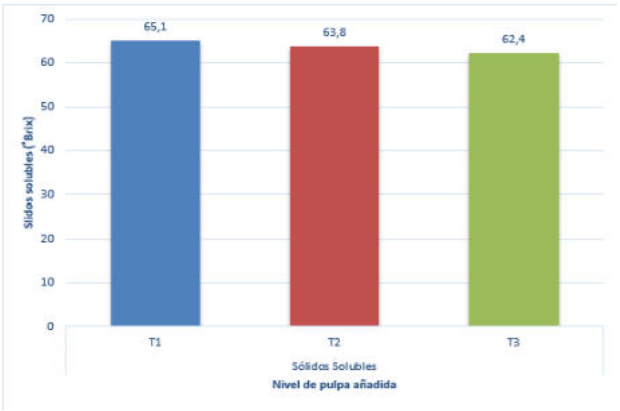


Figura 10. Comportamiento de los sólidos solubles entre los tres tratamientos.

Elaborado por: Parra, J. 2026

La disminución progresiva de los sólidos solubles al incrementar la concentración de pulpa de copoazú. El comportamiento presentó una correlación lineal negativa muy fuerte (R^2=0,9995), indicando que el aumento de pulpa reduce la concentración de azúcares solubles en la formulación.

(16) señala que concentraciones insuficientes de sólidos pueden disminuir la firmeza y estabilidad de productos tipo mermelada.

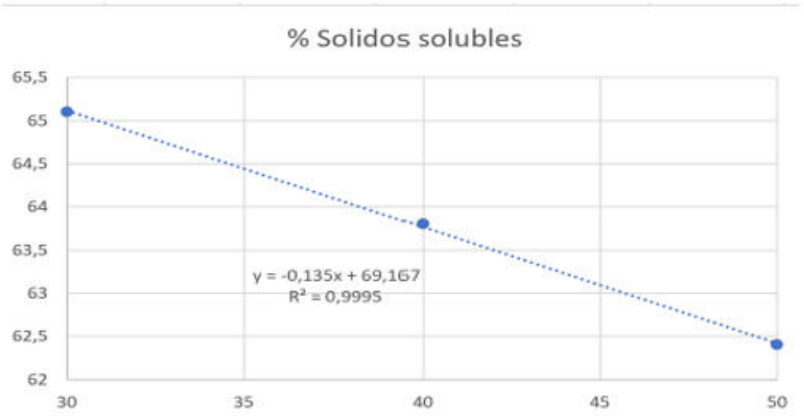


Figura 11. Comportamiento de los sólidos solubles entre los tres tratamientos.

Elaborado por: Parra, J. 2026

Evaluación sensorial

Se realizó una prueba de aceptabilidad a 50 panelista no entrenados donde se les presentó los atributos olor, sabor, textura, color y apariencia general. Se les impuso una

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 172-189
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

escala hedónica de 5 puntos, donde se les pidió que otorgaran un valor basado en este rango para describir las cualidades sensoriales de producto en cuestión, cada muestra se codificó con tres números al azar sin repetir ninguno, las reglas fueron no comunicarse entre ellos, evitar voltear y ser muy honestos en su percepción por la importancia del estudio, en la tabla 3 se presenta los resultados promedio obtenidos para cada tratamiento experimental

Tabla 3. Resultados promedio de la evaluación sensorial de la mermelada elaborada con diferentes niveles de pulpa de copoazú.

Tratamiento	Color	Olor	Sabor	Textura	Apariencia	Promedio general
T1 (30%)	4.18	4.04	4.06	3.8	3.98	4.01
T2 (40%)	4.28	3.98	3.98	4.1	3.94	4.06
T3 (50%)	4.02	4.02	3.9	4.08	3.86	3.98

Elaborado por: Parra, J. 2026

El análisis sensorial de la mermelada prebiótica de copoazú, evaluado mediante una escala hedónica de cinco puntos y analizado con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($p > 0.05$), evidenció que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos para los atributos de color, olor, sabor, textura y apariencia. Los promedios obtenidos oscilaron entre 3.80 y 4.28, lo que indica una aceptación favorable por parte de los panelistas. Aunque el tratamiento con 40 % de pulpa presentó el mayor promedio general de aceptabilidad (4.06), seguido por el tratamiento con 30 % (4.01) y el de 50 % (3.98), estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Estos resultados sugieren que el incremento del contenido de pulpa de copoazú no modificó de manera perceptible las características sensoriales del producto, manteniendo una adecuada calidad organoléptica y demostrando que es posible aumentar el contenido de pulpa sin afectar la aceptación del consumidor, según lo que menciona (17), el tratamiento térmico que se le da a la mermelada favorece cierta perdida de compuestos homogenizando parcialmente las características entre los tratamientos, así mismo su olor fue bastante característico, según (18) la fruta del copoazú tiene un alto contenido de compuestos aromáticos.

Análisis Económico

El análisis económico se realizó con el propósito de determinar la viabilidad económica de la elaboración de la mermelada utilizando diferentes niveles de pulpa de copoazú. Para ello, se consideraron los costos de materias primas, insumos, envases, mano de obra, energía, limpieza y depreciación, todos estos aspectos están descritos en la tabla 4.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 172-189
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

Tabla 4. Costos de producción de mermelada con diferentes niveles de pulpa de copoazú.

Elemento	Costo total	Costo/frasco (500 g)
Materia prima	30.00	2.5
Insumos	8.7	0.7
Envase	10	0.8
Mano de obra	10	0.8
Energía	3	0.2
Limpieza	1.5	0.13
Depreciación de equipos	2	0.17
Total	$ 65.2	$ 5.3

Elaborado por: Parra, J. 2026.

Los costos realizados para la elaboración de la mermelada de copoazú permitieron determinar un costo total de producción de 65,20 USD, equivalente a un costo aproximado de 5,30 USD por frasco de 500 g y con índice de beneficio costo de 1,49 $.

La materia prima representó el mayor porcentaje del costo total de producción, debido principalmente al precio del copoazú y al bajo rendimiento de pulpa obtenido durante el procesamiento; este fruto presenta una elevada proporción de cáscara y semillas, lo que incrementa la merma y disminuye el rendimiento industrial. Según (19), los productos elaborados a partir de frutas tropicales no tradicionales suelen presentar costos superiores debido a la limitada disponibilidad de materia prima y a la dificultad de estandarizar los procesos productivos, lo cual se explicó anteriormente.

La mano de obra presentó igualmente un valor significativo, lo cual se relaciona con el carácter artesanal de la producción y el valor del Salario básico, según (20) menciona que en países en vías de desarrollo la disponibilidad de esto se ve afectada por la falta de industria que demande y se vea la viabilidad.

La relación beneficio/costo fue favorable para todos los tratamientos evaluados ya que se tomó un precio de venta al mercado establecido de 6,50 $ y el precio de producción de 65,25$, el beneficio total fue de 97,5$ y dándonos un valor rentable final de 1,49$.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos evidenciaron que el porcentaje de pulpa de copoazú influyó principalmente sobre el pH, acidez titulable, cenizas, actividad de agua, fibra bruta y sólidos solubles, mientras que la humedad no presentó diferencias significativas. El tratamiento T2 (40 % de pulpa) presentó el mejor comportamiento general, destacándose por su mayor contenido de fibra bruta (1,38 %), cenizas (0,24 %) y menor actividad de agua (0,863). Este comportamiento demuestra que la formulación y las condiciones de procesamiento influyen en las características finales de la mermelada, como también señala (4) para productos elaborados a partir de frutas.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 172-189
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

El pH presentó diferencias significativas, con el menor valor en T2 (3,69), mientras que T1 y T3 registraron 3,87 y 3,82, respectivamente. Los valores obtenidos corresponden a un alimento ácido y favorecen la estabilidad del producto. (5) señalan que el pH es un parámetro importante en la estabilidad fisicoquímica de productos frutales. Por otra parte, la acidez titulable aumentó conforme se incrementó la cantidad de pulpa, presentando una relación lineal fuerte (R^2 = 0,98). Esta diferencia entre pH y acidez puede explicarse porque el pH representa los iones hidrógeno libres, mientras que la acidez titulable refleja la cantidad total de ácidos presentes en el alimento.

El contenido de cenizas fue mayor en T2 (0,24 %) y menor en T3 (0,19 %), lo que demuestra que un mayor porcentaje de pulpa no necesariamente incrementa proporcionalmente el contenido mineral. (10) menciona que los procesos térmicos pueden modificar la distribución de los minerales en los alimentos. En cuanto a la actividad de agua, T2 presentó el menor valor (0,863), mientras que T3 alcanzó 0,900. Este comportamiento puede relacionarse con la concentración de azúcar, pectina y sólidos solubles. (11) señalan que la reducción de la actividad de agua contribuye a mejorar la estabilidad de los alimentos, mientras que (13) indican que una mayor concentración de sólidos solubles favorece la disminución del agua disponible.

La fibra bruta presentó su mayor valor en T2 (1,38 %), seguido de T1 (1,26 %) y T3 (1,11 %). Aunque se esperaba un incremento progresivo con mayor cantidad de pulpa, el tratamiento T3 presentó una disminución, posiblemente relacionada con el efecto del procesamiento térmico. (14) señala la importancia de los componentes estructurales de las paredes celulares vegetales, mientras que (15) indica que el procesamiento puede modificar la estabilidad de la fibra. Los sólidos solubles, por su parte, disminuyeron de 65,1 °Brix en T1 a 62,4 °Brix en T3, presentando una relación lineal negativa muy fuerte (R^2 = 0,9995). Esto puede atribuirse al mayor aporte de agua y componentes insolubles de la pulpa al aumentar su proporción.

En la evaluación sensorial no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para color, olor, sabor, textura y apariencia, con promedios favorables entre 3,80 y 4,28 puntos. T2 obtuvo la mayor aceptación general (4,06), aunque las diferencias no fueron significativas. Estos resultados indican que el incremento de pulpa no afectó negativamente la aceptación del producto. (17) relacionan el tratamiento térmico con la homogenización de determinadas características de productos frutales, mientras que (18) destacan los compuestos aromáticos característicos del copoazú.

Finalmente, el análisis económico mostró un costo total de producción de 65,20 USD, un costo aproximado de 5,30 USD por frasco de 500 g y una relación beneficio/costo de 1,49, indicando viabilidad económica bajo las condiciones experimentales. (19) señala que los productos elaborados con frutas tropicales no tradicionales pueden presentar costos elevados debido a la disponibilidad y rendimiento de la materia prima. En conjunto, T2 fue el tratamiento con mejor equilibrio fisicoquímico y sensorial. Aunque el producto presenta un aporte de fibra dietética, el contenido obtenido no permite considerarlo estrictamente como prebiótico. Sin embargo, el aprovechamiento del copoazú representa una alternativa de valor agregado para el desarrollo de productos agroindustriales innovadores.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 172-189
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

CONCLUSIONES

Entre los tratamientos evaluados, el tratamiento T2, correspondiente al 40 % de pulpa de copoazú, presentó el mejor equilibrio, destacándose por registrar el mayor contenido de fibra bruta (1,38 %), mayor contenido de cenizas (0,24 %), menor actividad de agua (0,863%). Estos resultados permiten considerarlo como la formulación más adecuada para la elaboración de la mermelada. además, aunque la mermelada obtenida no puede ser considerada estrictamente como un producto prebiótico debido a que presento un contenido moderado de fibra, sí puede clasificarse como un producto con aporte significativo de fibra dietética, lo que le confiere valor nutricional y potencial funcional para el consumidor.

En lo referente a la evaluación sensorial se llevó a cabo mediante escala hedónica misma que no evidenció diferencias significativas ($p>0,05$) entre tratamientos, en ninguno de los atributos evaluados, lo que indica que la variación en el contenido de pulpa no genera cambios perceptibles en la aceptación del consumidor, manteniendo un perfil sensorial homogéneo y agradable al consumidor, ya que en promedio los resultados fueron favorables.

El análisis económico determinó un costo total de producción de 65,20 USD y un costo unitario de 5,30 USD por frasco de 500 g, evidenciando que la estructura de costos está principalmente determinada por la materia prima, el envase y la mano de obra, el costo elevado responde a factores estructurales como la limitada disponibilidad del copoazú en la zona de estudio ya que se trabajó en la sierra del Ecuador y el producto se cultiva en la zona de la Amazonía, entonces, se trajo el producto bajo pedido, por ende los costos logísticos de abastecimiento y la escala experimental de producción elevó el costo, lo que impide la aplicación de economías de escala, pero los resultados demuestran viabilidad técnica del producto y su potencial de escalamiento agroindustrial, especialmente en nichos de mercado de productos naturales y de valor agregado, o como un producto exclusivo por su gran perfil sensorial, asi mismo el producto fue rentable al lograr un 1,49 en el índice beneficio costo

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ballesteros, Gonzales. Role of prebiotics and probiotics in the functionality of the microbiota in the patients receiving enteral nutrition. 2020. DOI: https://dx.doi.org/10.20960/nh.1956.
2. Montecel N. Plan de negocio para la producción y comercialización de mermelada y té de cacao con stevia en la ciudad de Guayaquil [tesis]. Universidad Agraria del Ecuador; 2021. Disponible en: https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MONTECEL%20GOMEZ%20MELISSA%20NAYBI.pdf.
3. Salazar J. Agroindustrial Residues as Sources of Nutrients and Phenolic Compounds. Epistemus. 2023;17(34). DOI: https://doi.org/10.36790/epistemus.v17i34.265.

4. Guevara-García M, et al. Energetic value and sensorial characteristics of jam formulated with Cucurbita ficifolia B. - Citrus sinensis L. and pectin sweetened with stevia. Revista de Invest. Agropecuaria Science and Biotechnology. 2025;5(4):1-11. DOI: http://doi.org/10.25127/riagrop.20254.1127.
5. Castillo K, et al. Bromatological and physicochemical characterization of an acai jam (Euterpe Oleracea Mart.) sweetened with cocoa mucilage. Reincisol. 2024;3(6):929-952. DOI: https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)929-952.
6. FAO. Bases técnicas para el aprovechamiento agroindustrial de especies nativas de la amazonia. 2025. Disponible en: https://www.fao.org/fileadmin/templates/inpho/documents/ad418s00.pdf.
7. Shahida A, et al. An overview of fermentation in the food industry - looking back from a new perspective. Bioresour Bioprocess. 2023;10. DOI:10.1186/s40643-023-00702-y.
8. Geraldine M. Acidez Titulable y pH en Alimentos. 2025. Disponible en: https://es.scribd.com/document/526676883/ACIDEZ-TITUABLE-Y-PH.
9. García E. Desarrollo y Caracterización de Mermelada producida a partir del fruto de mate Crescentia cujete L. [tesis]. Universidad Técnica de Ambato; 2019. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e2c6160a-76d6-40ea-a53e-18724b6effd9/content.
10. Jacqueline B. Mineral in Food. 2020. En: ScienceDirect Topics. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/topics/food-science/mineral-in-food.
11. Campo R, et al. Degradación de los componentes químicos presentes en los alimentos por influencia de la temperatura. Pol. Con. 2023;8(85). DOI:10.23857/pc.v8i8.
12. Febles J, et al. Análisis preliminar del efecto de la actividad de agua sobre la viabilidad y estabilidad en formulaciones de probióticos. 2016. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612016000100009.
13. Yadav A, et al. Deshidratación osmótica de frutas y verduras. 2012. DOI:10.1007/s13197-012-0659-2.
14. Fujimori S. Humans have intestinal bacteria that degrade the plant cell walls in herbivores. World J Gastroenterol. 2021;27(45):7784. DOI:10.3748/wjg.v27.i45.7784.
15. Pak N. Fibra dietética en frutas cultivadas en Chile. Arch Latinoam Nutr. 2013;53(4). Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222003000400013.
16. López C, et al. Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) application chemical characterization of enamel, dentin and bone. 2025. DOI:10.1080/05704928.2018.1431923.
17. Zelanda C, et al. Efecto de la temperatura de pasteurización y proporción de mezclas binarias de pulpa de carambola y mango sobre su capacidad antioxidante lipofílica. 2013. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/3374/337430545009.pdf.

18. Quispe R, et al. Análisis de la actividad antioxidante durante el proceso de producción del néctar de copoazú. Revista Alfa. 2025;9(26). DOI: https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v9i26.357.
19. Monar A. Relación entre la manufactura de frutas tropicales y la cadena de valor de bebidas no alcohólicas en Manabí-Ecuador. ECA Sinergia. 2019;10(3). DOI: https://doi.org/10.33936/eca_sinergia.v10i3.1815.
20. Revilla, Guerrero. Desarrollo de mermelada de flor de jamaica (Hibiscus sabdariffa) en diferentes estados (natural y deshidratada). Pontificia Universidad Católica del Ecuador; 2025. Disponible en: https://repositorio.puce.edu.ec/items/fa790407-15e1-4907-952c-63c1e262e37d.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 190-201

DOI:
https://doi.org/10.56519/47kqhh75
Agosto 2026

EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE CARNE POR HARINA DE SOYA SOBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS, SENSORIALES Y MICROBIOLÓGICAS DE HAMBURGUESAS

EFFECT OF PARTIAL MEAT REPLACEMENT WITH SOY FLOUR ON PHYSICOCHEMICAL, SENSORY AND MICROBIOLOGICAL PROPERTIES OF BEEF BURGERS

Katherine Mishelle Ortiz León[1], Adriana Morayma Atiencia Pazmiño[2], Ana Maria Arellano[3], Erick Jose Ayavaca Morales[4]

{kortiz@uagraria.edu.ec[1], aatiencia@uagraria.edu.ec[2],aarellano@uagraria.edu.ec[3], erick.j.am.g@gmail.com[4]}

Fecha de recepción: 07/07/2026 / Fecha de aceptación: 15/08/2026 / Fecha de publicación: 25/08/2026

RESUMEN: En la actualidad el beneficio de cambiar la composición de productos cárnicos sin eliminar su matriz tradicional es reemplazar parcialmente la carne por ingredientes vegetales.Este estudio se propuso determinar el impacto que tiene la adición de harina de soya (Glycine max) en hamburguesas de res a través de análisis microbiológicos, fisicoquímicos y sensoriales. Se formularon cuatro tratamientos: uno de control sin harina de soya (C1S1B) y tres con 5% (C2S2B), 10% (C3S3B) y 15% (C4S4B). Cada uno fue examinado en tres ocasiones. Se establecieron los niveles de pH, grasa, proteína, fibra, cenizas y humedad; para procesar la información se emplearon la prueba de Tukey con α=0,05 y el análisis de varianza. Se llevó a cabo la valoración sensorial con 20 catadores y una escala hedónica de cinco grados para el color, el aroma, el gusto y la apariencia. El aumento de harina de soya generó diferencias importantes en las variables fisicoquímicas. El tratamiento con 15% mostró el aporte composicional más alto, con 3,31% de cenizas, 19,02% de grasa, 2,41% de fibra y 26,71% de proteína. No obstante, el tratamiento con un 10% fue el que tuvo la mayor aceptación sensorial, con una media total de 4.45/5. Este tratamiento mostró 8×10^6 UFC/g de aerobios mesófilos, 3×10^2 UFC/g de Escherichia coli, 8×10^3 UFC/g de Staphylococcus aureus y no hubo Salmonella en 25 g. En el análisis se consideraron estos valores como acordes con la NTE INEN 1338. Se concluye que la harina de soya altera en gran medida la composición de las hamburguesas y que el 10% es el porcentaje óptimo entre mejoramiento composicional y aceptabilidad.

[1]Universidad Agraria del Ecuador- Guayaquil-Ecuador, https://orcid.org/0009-0000-5773-0280
[2]Universidad Agraria del Ecuador- Guayaquil-Ecuador, https://orcid.org/0000-0003-1981-6133
[3]Universidad Agraria del Ecuador- Guayaquil-Ecuador, https://orcid.org/0009-0006-5606-411X
[4]Investigador Independiente, https://orcid.org/0009-0001-3553-979X

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 190-201
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

Palabras clave: hamburguesa; harina de soya; sustitución parcial; análisis proximal; evaluación sensorial

ABSTRACT: Partial replacement of meat with plant-based ingredients is an alternative for modifying the composition of meat products without eliminating their traditional matrix. This study aimed to evaluate the effect of incorporating soy flour (Glycine max) into beef burgers through physicochemical, sensory and microbiological analyses. Four formulations were prepared: a control without soy flour (C1S1B) and treatments containing 5% (C2S2B), 10% (C3S3B) and 15% (C4S4B), analyzed in triplicate. Moisture, ash, fat, fiber, protein and pH were determined, and the data were processed by analysis of variance and Tukey's test at α=0.05. Sensory evaluation was performed by 20 panelists using a five-point hedonic scale for color, odor, flavor and appearance. Increasing soy flour caused significant differences in the physicochemical variables. The 15% treatment contained 3.31% ash, 19.02% fat, 2.41% fiber and 26.71% protein, showing the greatest compositional contribution and the lowest fat content among treatments. However, the highest sensory acceptance was observed for the 10% treatment, with an overall mean score of 4.45/5. This treatment showed 8 × 10^6 CFU/g of mesophilic aerobes, 3 × 10^2 CFU/g of Escherichia coli, and 8 × 10^3 CFU/g of Staphylococcus aureus, with an absence of Salmonella in 25 g values interpreted in the study as compliant with NTE INEN 1338. It is concluded that soy flour significantly modifies the composition of the hamburger and that the 10% level offers the best balance between compositional improvements and acceptability.

Keywords: beef burger; soy flour; partial replacement; proximate analysis; sensory evaluation

INTRODUCCIÓN

Los productos cárnicos procesados constituyen una matriz tecnológica susceptible de reformulación mediante la incorporación de ingredientes vegetales que actúan como extensores y modifican su composición. En el caso de la carne picada empleada para la elaboración de hamburguesas, se puede combinar con ingredientes permitidos y condimentos, siempre que el producto cumpla con los requisitos de composición e inocuidad establecidos para su categoría. La incorporación de soya resulta de interés por su contenido de proteína, lípidos, carbohidratos y fibra, además de la diversidad de aplicaciones tecnológicas descritas para esta leguminosa y sus derivados (1-3).

La soya (*Glycine max*) se caracteriza por presentar un elevado contenido de proteína además de aportar fracciones lipídicas y carbohidratos que pueden influir en las propiedades del alimento en el que se incorpora. El uso de harina de soya como sustituto parcial de la carne ha sido evaluado previamente en diferentes productos cárnicos. Odiase et al. (2013) estudiaron la incorporación de harina de soya entera en niveles de 10, 15, 20 y 25 % en albóndigas elaboradas con carne de res, evidenciando que los niveles intermedios de inclusión, particularmente 10 y 15 %, presentaron una mayor aceptación sensorial. De manera similar, Cho et al. (2017) evaluaron la incorporación de 5 % de harina de soya desgrasada con diferentes tamaños de partícula en hamburguesas, analizando sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales; sus resultados

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 190-201
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

demostraron que el uso de harina superfina permitió mantener una aceptabilidad general comparable con el tratamiento control y disminuir las pérdidas por cocción. Estos antecedentes evidencian el potencial tecnológico de la harina de soya en productos cárnicos y respaldan la necesidad de continuar estudiando niveles de sustitución que permitan conservar la aceptación del producto. En este sentido, resulta pertinente evaluar el uso de harina de soya no texturizada en niveles intermedios de sustitución de carne de res mediante un enfoque integral que considere conjuntamente la composición fisicoquímica, la aceptación sensorial y la calidad microbiológica del producto. En este contexto, las características nutricionales de la harina de soya justifican su evaluación como sustituto parcial de la carne, particularmente por su aporte de proteína y fibra y por su potencial influencia sobre la composición final del producto. La literatura compilada en la investigación también describe a la soya como ingrediente empleado en la elaboración de alimentos con elevado aporte de proteína y en diversas aplicaciones agroindustriales (19,20).

El uso de fuentes proteicas de origen vegetal en productos cárnicos ha sido estudiado con diferentes materias primas. García evaluó harina de quinchoncho en hamburguesas bajas en grasa y reportó modificaciones en la composición y en propiedades tecnológicas del producto (4). Solórzano, estudió la sustitución de carne bovina por proteína vegetal texturizada de soya en un sistema cárnico, encontrando que una sustitución de hasta el 9% podían mejorar la calidad nutricional y conservar una aceptación sensorial adecuada (5). En hamburguesas, Beltrán analizó la sustitución parcial de carne de res por carne de soya y observó que una sustitución del 40% afectan la aceptación de atributos como sabor, olor y color (6). También se han evaluado subproductos de soya, como la okara, en embutidos, con resultados favorables desde el punto de vista nutricional y sensorial (7).

La aceptación del consumidor es un componente crítico en este tipo de reformulaciones. Una mejora composicional no necesariamente se traduce en una mayor preferencia, porque la incorporación de proteínas vegetales puede alterar color, aroma, sabor, textura o apariencia. Estudios con preparaciones a base de soya y otros ingredientes vegetales muestran que la respuesta sensorial depende de la formulación y del nivel de incorporación (8). De forma similar, Lema y Majin evaluaron hamburguesas enriquecidas con proteínas vegetales y evidenciaron que la composición del producto cambia de acuerdo con el porcentaje de sustitución (9). Por esta razón, la selección de un tratamiento debe considerar simultáneamente los resultados fisicoquímicos y la aceptabilidad.

Además de la composición y la respuesta sensorial, la inocuidad microbiológica constituye un requisito indispensable. La NTE INEN 1338 establece criterios aplicables a productos cárnicos crudos y fue utilizada en el estudio original como referencia para interpretar la calidad del producto (10). La evaluación microbiológica del tratamiento sensorialmente preferido incluyó aerobios mesófilos, Escherichia coli, Staphylococcus aureus y Salmonella (23), con el propósito de verificar que la formulación seleccionada se mantuviera dentro de los límites considerados en la investigación.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 190-201
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

A partir de este marco, el problema central consiste en determinar qué nivel de sustitución con harina de soya permite obtener una hamburguesa con un perfil fisicoquímico favorable y una adecuada aceptación sensorial. La hipótesis experimental establecida fue que la sustitución parcial con harina de soya influye en las propiedades fisicoquímicas de las hamburguesas. En consecuencia, el objetivo de este artículo fue sintetizar y analizar el efecto de tres niveles de sustitución de harina de soya (5%, 10% y 15%), frente a un tratamiento control sin sustitución (0 %), sobre la humedad, cenizas, grasa, fibra, proteína y pH; comparar la aceptabilidad de los tratamientos mediante color, olor, sabor y apariencia; y presentar la condición microbiológica del tratamiento con mayor aceptación sensorial. Esta integración permite identificar tanto el tratamiento con mejor composición nutricional como la formulación con mayor aceptación sensorial, dos criterios que no necesariamente coinciden y que son relevantes para el desarrollo de un producto cárnico reformulado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrolló una investigación experimental con cuatro formulaciones de hamburguesa de res. El tratamiento C1S1B correspondió al control sin harina de soya; C2S2B incorporó 5%; C3S3B, 10%; y C4S4B, 15%. En todas las formulaciones se mantuvo constante un 4,98% de condimentos, distribuido en 2,37% de cebolla en polvo, 0,47% de perejil, 0,23% de pimienta y 1,90% de sal. La proporción de carne fue de 95,01%, 90,26%, 85,02% y 80,02%, respectivamente. Los análisis fisicoquímicos se realizaron por triplicado.

Para cada formulación se elaboraron hamburguesas de 200 g, obtenidas mediante el mezclado homogéneo de carne de res molida, harina de soya y condimentos; posteriormente fueron empacadas en bolsas de polipropileno y almacenadas a 4 °C hasta su análisis. Las determinaciones fisicoquímicas de humedad, cenizas, grasa, fibra, proteína y pH se realizaron por triplicado (n = 3) en cada tratamiento. La evaluación sensorial se efectuó con 20 panelistas mediante una escala hedónica de cinco puntos para color, olor, sabor y apariencia. El análisis microbiológico se aplicó únicamente al tratamiento con mayor aceptación sensorial.

Tabla 1. Formulaciones de hamburguesa con sustitución parcial de harina de soya.

Ingrediente	C1S1B Control	C2S2B 5%	C3S3B 10%	C4S4B 15%
Carne de res (%)	95,01	90,26	85,02	80,02
Harina de soya (%)	0,00	5,00	10,00	15,00
Cebolla en polvo (%)	2,37	2,37	2,37	2,37
Perejil (%)	0,47	0,47	0,47	0,47
Pimienta (%)	0,23	0,23	0,23	0,23
Sal (%)	1,90	1,90	1,90	1,90

Fuente: *síntesis de las formulaciones reportadas.*

La carne de res se adquirió previamente molida y, junto con la harina de soya y los condimentos, fue sometida a recepción y control de calidad. Los ingredientes se pesaron en una balanza digital ME204 y se mezclaron en una procesadora de alimentos hasta

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 190-201
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

obtener una masa uniforme. Posteriormente, se formaron manualmente porciones de 200 g utilizando un molde plástico para hamburguesas, se empacaron en bolsas de polipropileno de alta densidad y se almacenaron a 4 °C hasta su análisis. El estudio original no reportó el tamaño de partícula de la carne ni valores específicos de tiempo y temperatura durante el mezclado, por lo que estos parámetros no pudieron ser especificados

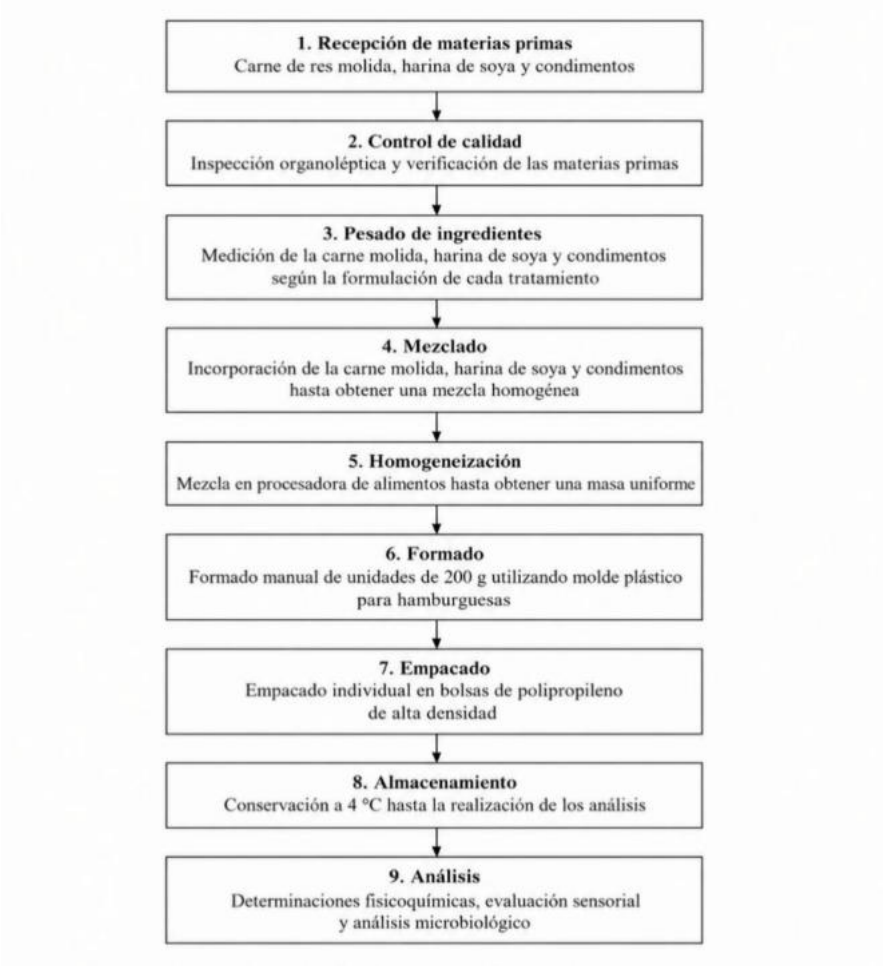


Figura 1. Diagrama de flujo de elaboración de hamburguesas con harina de soya.

Para los análisis fisicoquímicos se incluyó: humedad,cenizas,grasa, proteína, fibra bruta y pH. La humedad se determinó mediante pérdida de masa por calentamiento en estufa, usando el método NTE INEN 0777 y al procedimiento analítico descrito por AOAC (11). Las cenizas obtenidas a 550 ± 10 °C hasta peso constante, según NTE INEN 786; la grasa se determinó por extracción con hexano y evaporación del solvente, siguiendo la normativa NTE INEN 778; la proteína se estimó por determinación de nitrógeno, digestión ácida, alcalinización, destilación y titulación, según NTE INEN 781; la fibra bruta en cambio mediante el método MAL-50/Pearson; y el pH de acuerdo con NTE INEN 783. y todo esto para el producto cárnico se tomó como referencia la NTE INEN 1338 (10), de esta manera todos los análisis se realizan basados normativas y procedimientos vigentes y regularizados.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 190-201
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

La evaluación sensorial se realizó con un panel semientrenado de 20 estudiantes de Ingeniería Agroindustrial, quienes habían participado previamente en evaluaciones sensoriales. Cada tratamiento fue valorado en color, olor, sabor y apariencia mediante una escala hedónica de cinco puntos: 1, “me disgusta mucho”; 2, “me disgusta”; 3, “ni me gusta ni me disgusta”; 4, “me gusta”; y 5, “me gusta mucho”. Los resultados se tabularon y representaron mediante un gráfico radial, y la media global de los cuatro atributos se utilizó únicamente como medida descriptiva de aceptación. Se realizó mediante la aleatorización de las muestras con control y balanceo del orden de presentación, cabe recalcar que no se aplicó análisis estadístico inferencial a los datos sensoriales.

Esta evaluación no tuvo como propósito comparar microbiológicamente los tratamientos, sino verificar la calidad microbiológica de la formulación seleccionada es por eso que se aplicó únicamente al tratamiento con mejor evaluación sensorial en donde se analizó aerobios mesófilos mediante NTE INEN 1529-5 (13), Escherichia coli mediante AOAC 991.14 con el uso de placas tipo Petrifilm (14), Staphylococcus aureus mediante NTE INEN 1529-14 (15) y Salmonella mediante NTE INEN 1529-15 (16). El trabajo reportó el uso de placas Nissui Compact Dry Discs. Para el análisis estadístico de las variables fisicoquímicas se utilizaron Microsoft Excel 2019 e InfoStat versión 6.2. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación múltiple de Tukey, con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Con respecto al almacenamiento, una vez elaboradas, las hamburguesas se empacaron individualmente en bolsas de polipropileno de alta densidad y se mantuvieron refrigeradas a 4 °C hasta su análisis. Las determinaciones fisicoquímicas y sensoriales se realizaron dentro de las 24 horas posteriores a la elaboración, manteniendo las muestras bajo refrigeración durante este periodo.

RESULTADOS

Los resultados mostraron una respuesta consistente de la composición de las hamburguesas al incremento del porcentaje de harina de soya. En todas las variables fisicoquímicas evaluadas se reportaron diferencias significativas entre tratamientos. Para humedad, fibra, grasa, proteína y pH, el análisis de varianza presentó valores de $p<0,0001$; para cenizas se obtuvo $p=0,0002$. En consecuencia, el estudio rechazó la hipótesis nula y aceptó que la sustitución parcial con harina de soya influye significativamente en las propiedades fisicoquímicas del producto.

Los valores obtenidos en los análisis proximales realizados a la carne de res molida que fue utilizada como materia prima en la elaboración de la hamburguesa, presentaron promedios de 58,15% de humedad, en comparación con la humedad presentada en la harina de soya que fue de 4.38%, un resultado esperado debido a que la harina de soya es un producto deshidratado, lo que favorece a su conservación e incorporación en la formulación, en lo que respecta a los valores de ceniza se obtuvo el 2,22% de fracción mineral en la harina de soya, superior al 0.43%, obtenida en la materia prima cárnica, indicando que la soya aporta una mayor cantidad de minerales a la formulación.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 190-201
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

En lo que corresponde a los valores de proteína la materia cárnica presentó 21.80% y 1.83% de fibra mientras que la harina de soya presentó 27.01% de proteína y 2.15% de fibra, de esta manera se puede contribuir con un contenido importante de proteína y mejorar el valor de fibra en el producto final, elevando su valor nutricional.

En cuanto al porcentaje de grasa de la carne de res molida fue de 19.10% , mientras que la soya alcanzó un 19.10% , aunque el valor es inferior al de la carne de res si constituye una fuente relevante de grasa desde el punto de vista nutricional, ya que al usarla como ingrediente de sustitución se mantendrá un aporte considerable de grasa en el producto final, Con lo que respecta a los valores de pH no se presenta una mayor diferencia ya que el pH de la matriz cárnica fue de 6.57 y para la harina de soya fue 6.73%, indicando que ambos ingredientes presentan condiciones de acidez similares.

Tabla 2. Medias fisicoquímicas reportadas en las pruebas de Tukey por tratamiento.

Trat.	Humedad %	Cenizas %	Fibra %	Grasa %	Proteína %	pH
C1S1B 0%	64,36	2,53	1,83	27,70	21,80	6,60
C2S2B 5%	60,04	3,09	2,04	23,54	23,41	6,68
C3S3B 10%	56,98	3,22	2,27	19,83	25,27	7,04
C4S4B 15%	55,24	3,31	2,41	19,02	26,71	7,07

ANOVA: humedad, fibra, grasa, proteína y pH, p<0,0001; cenizas, p=0,0002. Medias tomadas de las tablas de Tukey del estudio original.

La humedad presentó una disminución a medida que se incrementó el porcentaje de sustitución en las formulaciones, observándose una reducción en el valor del parámetro entre la muestra control y el 15% de sustitución en 9,12 puntos porcentuales, Este comportamiento fue uno de los cambios más notorios en el producto y puede estar relacionado con el menor contenido de agua que presenta la harina de soya comparación con la materia cárnica.

En cuanto al contenido de cenizas, se observó que este parámetro se va incrementando de forma gradual a medida que se aumentó el porcentaje de sustitución, evidenciándose una diferencia de 0,78 puntos porcentuales entre el control y el 15%, En este caso, la prueba de Tukey separó los cuatro niveles, evidenciando un incremento gradual y significativo. En el resultado del análisis de fibra se evidencia que el valor se incrementó , debido a que la harina de soya tiene mayor contenido de fibra siendo el 0,58 de puntos porcentuales la diferencia entre el control y la formulación del 15%.

Los valores del contenido de grasa indicaron una disminución en 8,68 puntos porcentuales entre el tratamiento de control y tratamiento del 15%, este resultado puede estar relacionado con el menor contenido de grasa de la harina de soya en comparación con la mezcla cárnica. La proteína es uno de los parámetros de mayor interés y relevancia ya que contribuye al valor nutricional del producto y también participa en las características tecnológicas como es la retención de agua y la formación de la estructura durante el procesamiento, por lo que pasar de 21,80% en la muestra control a 26,71% en la sustitución del 15% representa un 22,5% aproximadamente de incremento relativo con respecto al valor inicial.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 190-201
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

Considerando en conjunto las variables fisicoquímicas, C4S4B presentó 3,31% de cenizas, 19,02% de grasa, 2,41% de fibra y 26,71% de proteína. Por estas características, el estudio original lo identificó como el mejor tratamiento desde el punto de vista del aporte nutricional y composicional. No obstante, la respuesta sensorial mostró un patrón diferente. El control obtuvo calificaciones promedio de 4,0 en color, 4,2 en olor, 4,2 en sabor y 4,0 en apariencia, con una media global descriptiva de 4,10/5. C2S2B alcanzó 3,6 en color, 4,4 en olor, 4,8 en sabor y 4,2 en apariencia, equivalente a 4,25/5. C3S3B obtuvo 4,2 en color, 4,8 en olor, 4,6 en sabor y 4,2 en apariencia, alcanzando la mayor media global, 4,45/5. C4S4B presentó 3,8 en color, 4,0 en olor, 4,0 en sabor y 3,8 en apariencia, con una media de 3,90/5.

Tabla 3. Evaluación sensorial descriptiva de las cuatro formulaciones.

Trat.	Color	Olor	Sabor	Apariencia	Media
C1S1B 0%	4,0	4,2	4,2	4,0	4,10
C2S2B 5%	3,6	4,4	4,8	4,2	4,25
C3S3B 10%	4,2	4,8	4,6	4,2	4,45
C4S4B 15%	3,8	4,0	4,0	3,8	3,90

Nota. Escala hedónica de 1 a 5. La media global se calculó a partir de los cuatro atributos como síntesis descriptiva.

Estos datos muestran que la máxima incorporación de soya no coincidió con la máxima aceptación sensorial. Aunque C4S4B fue superior en proteína y fibra y registró la menor grasa, su valoración sensorial fue inferior a la de C2S2B y C3S3B, e incluso ligeramente menor que la del control. La formulación con 10% logró las mejores valoraciones combinadas, especialmente en olor, con 4,8/5, y sabor, con 4,6/5. En la interpretación del trabajo, este resultado convirtió a C3S3B en el tratamiento sensorialmente preferido.

El análisis microbiológico se realizó exclusivamente en C3S3B por ser el tratamiento con mayor aceptación. Se reportaron 8×10^6 UFC/g de aerobios mesófilos, 3×10^2 UFC/g de Escherichia coli y 8×10^3 UFC/g de Staphylococcus aureus; Salmonella estuvo ausente en 25 g. El estudio comparó estos valores con los intervalos utilizados para interpretar la NTE INEN 1338 y concluyó que el tratamiento se encontraba dentro de los límites permitidos. Por tanto, la formulación seleccionada sensorialmente también presentó una condición microbiológica considerada aceptable dentro del marco de la investigación.

Tabla 4. Resultados microbiológicos del tratamiento C3S3B (10% de harina de soya).

Análisis	Unidad	Mínimo reportado	Máximo reportado	Resultado
Aerobios mesófilos	UFC/g	1,0×10^6	1,0×10^7	8×10^6
Escherichia coli	UFC/g	1,0×10^2	1,0×10^3	3×10^2
Staphylococcus aureus	UFC/g	1,0×10^3	1,0×10^4	8×10^3
Salmonella	en 25 g	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Nota: interpretación de resultados como conformes con la NTE INEN 1338.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 190-201
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

La integración de resultados permite diferenciar dos criterios de selección. Si el objetivo se concentra en maximizar proteína y fibra y reducir grasa, el tratamiento C4S4B, con 15% de harina de soya, mostró la respuesta más favorable. Si se considera simultáneamente la aceptación sensorial, C3S3B, con 10%, presentó un mejor balance: su proteína fue 25,27%, su fibra 2,27% y su grasa 19,83%, valores claramente mejorados frente al control, mientras que su media sensorial global fue la más alta. Esta diferencia entre desempeño composicional y preferencia sensorial es el hallazgo central del estudio y sustenta la necesidad de valorar ambos componentes al seleccionar el nivel de sustitución.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos proporcionan evidencia relevante sobre el potencial de la harina de soya como sustituto parcial de carne de res en hamburguesas, particularmente al identificar una tendencia favorable de aceptación para la formulación con 10 %. No obstante, la evaluación sensorial se analizó de forma descriptiva, por lo que las diferencias observadas representan tendencias de preferencia y no una superioridad estadísticamente demostrada. Asimismo, el análisis microbiológico se realizó únicamente en la formulación de mayor aceptación con el propósito de verificar su condición higiénico-sanitaria. Si bien este enfoque no permite establecer comparaciones microbiológicas entre tratamientos, permitió complementar la evaluación de la formulación seleccionada y aportar evidencia preliminar para posteriores estudios de validación.

Es claro que las principales diferencias entre estudios se basan en parámetros como las matrices, materias primas y porcentajes de sustitución; no obstante, los antecedentes respaldan que la incorporación de ingredientes vegetales modifica de forma positiva la composición de productos cárnicos.

Los cambios en la composición de las hamburguesas evidencian el efecto de la harina de soya sobre la matriz cárnica. El incremento de proteína y fibra puede atribuirse a la composición propia de esta leguminosa y coincide con lo señalado por Gallegos, Ridner y Riaz sobre su aporte nutricional y potencial como ingrediente en alimentos (1,2,18). A su vez, la disminución de grasa y humedad sugiere que la sustitución parcial de carne modificó el equilibrio de los componentes de la formulación, comportamiento similar al descrito en productos cárnicos elaborados con extensores vegetales (4,9). En conjunto, estos resultados respaldan el potencial de la harina de soya como ingrediente para la reformulación de productos cárnicos, aunque su incorporación debe equilibrarse con las características sensoriales del producto.

Solórzano denota que un nivel intermedio de proteína vegetal texturizada brinda una respuesta sensorial favorable a formulaciones superiores o inferiores de los porcentajes tratados (5). En conjunto, los datos indican la existencia de un punto de equilibrio entre dos aspectos de importancia: la mejora en la composición y la intensidad con las que se presencia las características sensoriales una vez adicionada la soya.

El resultado microbiológico de C3S3B fue interpretado en la investigación como conforme con la NTE INEN 1338 (10). La ausencia de Salmonella y los recuentos

reportados para aerobios mesófilos, Escherichia coli y Staphylococcus aureus respaldaron la selección del tratamiento desde la perspectiva de inocuidad. Sin embargo, la evaluación microbiológica se efectuó únicamente en el tratamiento sensorialmente preferido, por lo que los datos no permiten comparar el efecto del porcentaje de harina de soya sobre la carga microbiana de las cuatro formulaciones.

Es necesario considerar que la evaluación sensorial es descriptiva es decir mediante el uso de promedios y gráficos radiales se muestra los datos obtenidos, en donde no se reporta una prueba inferencial de diferencias de aceptación significativas. Esta limitación no fue un obstáculo para la preferencia observada por C3S3B, pero sí restringe el alcance de la conclusión a nivel sensorial. Así también, el estudio se concentró en composición proximal, pH, aceptación y microbiología del tratamiento seleccionado; no se hizo parte a las mediciones instrumentales de textura, rendimiento de cocción o estabilidad durante almacenamiento del producto. En futuras evaluaciones, estas variables permitirían caracterizar con mayor profundidad la factibilidad tecnológica de la formulación.

En conjunto, los resultados evidencian una relación clara entre el nivel de sustitución y las propiedades composicionales de las hamburguesas, acompañada de una respuesta sensorial favorable en niveles intermedios. Mientras una mayor incorporación de harina de soya favoreció los cambios fisicoquímicos, el tratamiento intermedio mostró el mejor equilibrio entre aporte nutricional y aceptación sensorial. Estos hallazgos respaldan su potencial como una formulación viable para futuros estudios de validación y desarrollo.

CONCLUSIONES

La sustitución parcial de carne de res por harina de soya modificó significativamente las propiedades fisicoquímicas de las hamburguesas. Al aumentar la incorporación desde 0 hasta 15%, la humedad disminuyó de 64,36% a 55,24% y la grasa de 27,70% a 19,02%, mientras que la fibra aumentó de 1,83% a 2,41% y la proteína de 21,80% a 26,71%. El tratamiento C4S4B, con 15% de harina de soya, presentó el mayor aporte composicional de acuerdo con los criterios considerados en la investigación.

La respuesta sensorial evidenció que una mayor sustitución de carne por harina de soya no implicó necesariamente una mayor aceptación. El tratamiento con 10 % de sustitución presentó la mejor valoración global (4,45/5), con una respuesta favorable en color, olor, sabor y apariencia, lo que permitió identificarlo como la formulación con mejor equilibrio sensorial. Asimismo, este tratamiento fue sometido a evaluación microbiológica y sus resultados fueron interpretados conforme a los criterios establecidos en la NTE INEN 1338, destacándose la ausencia de Salmonella en 25 g de muestra.

En conjunto, los resultados evidencian que la incorporación de harina de soya constituye una alternativa viable para la sustitución parcial de carne de res en hamburguesas. El tratamiento con 10 % presentó el mejor equilibrio entre composición y aceptación sensorial, mientras que el 15 % mostró el mayor aporte composicional. Estos hallazgos sustentan el potencial tecnológico de la harina de soya en la reformulación de productos cárnicos. Futuros estudios podrán ampliar estos resultados mediante análisis inferencial

sensorial, evaluación de textura, rendimiento de cocción, estabilidad durante el almacenamiento y caracterización microbiológica de todas las formulaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ridner E. Soja: propiedades nutricionales y su impacto en la salud. Buenos Aires: Grupo QSA; 2006. Disponible en: http://www.sanutricion.org.ar/files/upload/files/soja.pdf
2. Riaz MN. Soy Applications in Food. Boca Ratón: CRC Taylor & Francis Group; 2006.
3. Bainy EM, Tosh SM, Corredig M, Poysa V, Woodrow L. Varietal differences of carbohydrates in deffated soybean flour and soy protein isolate byproducts. Carbohydrate Polymers. 2008;72:664-672.
4. García O. Evaluación físico-química de carnes para hamburguesas bajas en grasas con inclusión de harina de quinchoncho (Cajanus cajan) como extensor. UCLA; 2012. https://www.redalyc.org/pdf/959/95925106002.pdf
5. Solórzano W. Sustitución de la carne de bovino por proteína vegetal texturizada de soya en un sistema cárnico tipo pastel mexicano (trabajo de titulación). ESPOCH; 2016.
6. Beltrán C. Evaluación sensorial de hamburguesa, utilizando carne de soya como sustituto parcial de carne de res (trabajo de titulación). UTM; 2014. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1600/7/CD00011-TESIS.pdf
7. Carillo M. Utilización de okara de soya en un embutido cárnico de pollo (tesis de grado). USFQ; 2012. Disponible en: http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2195/1/104378.pdf
8. Criollo F. Utilización de soja y quinua en la elaboración de preparaciones gourmet 2010 (proyecto de titulación). ESPOCH; 2010. http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2320/1/84T00071.pdf
9. Lema C, Majin M. Elaboración de tortas de carne para hamburguesa enriquecidas con diferentes porcentajes de proteínas vegetales: soya texturizada, quinua y amaranto; conservadas a diferentes temperaturas (tesis). Universidad Estatal de Bolívar; 2010. http://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/905/1/044.pdf
10. Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 1338. 2012. https://archive.org/details/ec.nte.1338.2012
11. AOAC. Métodos de análisis. 1977. http://www.usc.es/caa/MetAnalisisStgo1/derivados%20de%20cereales.pdf
12. Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 1217. 2006. https://archive.org/stream/ec.nte.1217.2006#mode/2up
13. Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 1529-5. 2006. https://archive.org/stream/ec.nte.1529.5.2006#page/n1/mode/2up
14. 3M. Placas Petrifilm para el recuento de E. coli/coliformes. 2006. https://multimedia.3m.com/mws/media/444950O/3m-petrifilm-e-coli-coliform-count-plate-interpretation-guide-spanish.pdf
15. Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 1529-14. 1998. https://archive.org/details/ec.nte.1529.14.1998/page/n1/mode/2up
16. Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 1529-15. 1994.

17. Valdiviezo V. Estudio del efecto de diferentes niveles de carragenato en la jugosidad de la hamburguesa de carne de res (trabajo de titulación). ESPOCH; 2010. http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/1683/1/84T00048.pdf
18. Gallegos R. Determinación proximal de los principales componentes de seis leguminosas (disertación). PUCE; 2013. http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/7111/4.7.001037.pdf
19. Pérez S. Estudio monográfico sobre bebidas con alto contenido proteico a base de soya (tesis de maestría). FUNIBER; 2015. Disponible en: https://www.slideshare.net/funiber/funiber-sergio-enrique-prez-estudio-monogrfico-sobre-bebidas-con-alto-contenido-proteico-a-base-de-soya
20. Guzmán E. Obtención de una bebida proteica a base de soya (Glycine max) y naranjilla (Solanum quitoense) (proyecto de titulación). Escuela Politécnica Nacional; 2018. https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19333/1/CD-8705.pdf
21. Ludeña B. Isoflavonas en soja, contenido de daidzeína y genisteína y su importancia biológica. 2007. https://www.redalyc.org/pdf/651/65111118009.pdf
22. González N. Isoflavonas de soya y evidencias sobre la protección cardiovascular. 2013. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112014000600007
23. Ayabaca E. Análisis proximal del agregado de soya en polvo (glycine max) a carne molida para la elaboración de hamburguesas. 2020. http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7249

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 202-215

DOI:
https://doi.org/10.56519/drsy6s45
Agosto 2026

LA MEDIACIÓN COMO MEDIO ALTERNATIVO EN LA SOLUCIÓN DE CONFLICTOS

MEDIATION AS AN ALTERNATIVE MEANS OF CONFLICT RESOLUTION

Norma Cecilia Balseca Rosero[1], Ramiro Suárez Venegas[2]

{ceci_balseca.r@hotmail.com.ar[1], rsuarez@unibe.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 14/07/2026 / Fecha de aceptación: 15/08/2026 / Fecha de publicación: 25/08/2026

RESUMEN: El sistema de justicia ordinario ecuatoriano, con una alta carga procesal y presupuestal para el Estado, se ha convertido en un sistema anacrónico e ineficiente a la hora de ofrecer respuestas oportunas a sus ciudadanos ante sus demandas de justicia. Frente a esta problemática, la mediación, con procesos más simples, se presenta como una urgente y necesaria respuesta para el acceso, desde la voluntad y aprobación de los conflictuados, a la solución pronta y oportuna de sus controversias. El objetivo de esta investigación persigue precisamente, determinar la influencia de la mediación como procedimiento eficaz en la solución de conflictos en el sistema de justicia ecuatoriano y su repercusión sobre su carga procesal. La metodología aplicada tuvo un enfoque mixto, documental, descriptivo, cualitativo no experimental y cuantitativo analítico, sustentado en la recopilación y revisión de normas jurídicas (Constitución, Ley de Arbitraje y Mediación, COGEP, entre otras), artículos científicos, libros, tesis y estadísticas secundarias del Consejo de la Judicatura. Los resultados de la presente investigación muestran que la mediación como método alternativo en la solución de conflictos está amparada en el ordenamiento jurídico ecuatoriano por la Constitución y la ley y se puede aplicar en diferentes materias y asuntos transigibles. No obstante, la normativa no delimita expresamente los ámbitos de procedencia de la mediación, por lo que se requiere trabajar en su delimitación con una data dinámica unificada y actualizada en tiempo real. Se recomienda promover y fortalecer los mecanismos de mediación mediante políticas públicas, difusión institucional y capacitación especializada para consolidar su utilización como vía preferente de solución de conflictos.

Palabras clave: Mediación, métodos alternativos de solución de conflictos, acceso a la justicia, carga procesal, justicia ecuatoriana

ABSTRACT: The Ecuadorian ordinary justice system, burdened by a high procedural and budgetary load for the State, has become an anachronistic and inefficient system in providing timely responses to citizens' demands for justice. Faced with this problem, mediation, with its simpler processes, emerges as an urgent and necessary solution,

[1]Universidad Iberoamericana del Ecuador, Quito, Ecuador, https://orcid.org/0009-0004-5071-5896
[2]Universidad Iberoamericana del Ecuador, Quito, Ecuador, https://orcid.org/0000-0002-0515-0759

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 202-215
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

enabling access to prompt and timely resolution of disputes based on the will and approval of the parties involved. The objective of this research is precisely to determine the influence of mediation as an effective conflict resolution procedure within the Ecuadorian justice system and its impact on its procedural workload. The methodology employed a mixed-methods approach, combining documentary, descriptive, non-experimental qualitative, and analytical quantitative methods. This approach was based on the compilation and review of legal norms (Constitution, Arbitration and Mediation Law, COGEP, among others), scientific articles, books, theses, and secondary statistics from the Council of the Judiciary. The results of this research show that mediation as an alternative dispute resolution method is protected under Ecuadorian law by the Constitution and other legislation and can be applied to various matters and issues subject to negotiation. However, the regulations do not explicitly define the scope of mediation, thus requiring further work to delimit it using unified, dynamic, and real-time updated data. It is recommended that mediation mechanisms be promoted and strengthened through public policies, institutional outreach, and specialized training to consolidate its use as the preferred method for conflict resolution.

Keywords: ***Mediation, alternative dispute resolution, access to justice, procedural burden, the Ecuadorian justice system***

INTRODUCCIÓN

La humanidad necesita de una convivencia en armonía en las diferentes actividades que realizamos; sin embargo, constantemente estamos en disputas y conflictos, muchos de los cuales, con el fin de encontrar justicia se someten a procesos legales complejos y desgastantes económica, social y psicológicamente, en medio de un sistema anacrónico, colapsado, ineficaz, con una alta carga procesal y con un alto peso presupuestal para el Estado. Frente a esta problemática, la mediación, con procesos más cortos, directos y simples, se presenta como una urgente y necesaria respuesta para el acceso, desde la voluntad y aprobación de los conflictuados, a la solución pronta y oportuna de sus controversias, con un rápido acceso a la justicia y la tutela efectiva de sus derechos, con acuerdos que se constituyen en sentencias ejecutoriadas con fuerza de cosa juzgada.

Al abordar la mediación y reseñar sus orígenes, vemos que esta institución jurídica no es nueva, la encontramos desde tiempos antiguos, es así que, en Grecia era conocida con el nombre de “mesiteuontes” (1). La publicación *Los pioneros de la mediación*, nos lleva a la antigua Roma mencionando que también allí se utilizaba la mediación, siendo que en esta época ya contaban en su sistema jurídico con los “judices pacis” (jueces de paz) (2). En el Ecuador mediante Decreto Supremo No. 735 publicado en el Registro Oficial No. 90 de 28 de octubre de 1963 se promulga la Ley de Arbitraje Comercial, que viene a ser la primera Ley Especial para la resolución de conflictos entre comerciantes de la época (3). Durante el gobierno de Fabián Alarcón se publicó en el Registro Oficial No. 145 de 04 de septiembre de 1997 la Ley de Arbitraje y Mediación, actualmente vigente, y que incorpora en la normativa ecuatoriana la mediación como un procedimiento de solución de conflictos reconociendo a un tercero neutral como

mediador, que procura acuerdos voluntarios sobre materias transigibles, de carácter extrajudicial y que pone fin a un conflicto, como lo establece su Art. 43 “La mediación es un procedimiento de solución de conflictos por el cual las partes, asistidas por un tercero neutral llamado mediador, procuran un acuerdo voluntario, que verse sobre materia transigible, de carácter extrajudicial y definitivo, que ponga fin al conflicto.” (4). En el Registro Oficial No. 417 de 14 de diciembre del 2006 se expide la Codificación 014 de la Ley de Arbitraje y Mediación que deroga la Ley de Arbitraje Comercial dictada en 1963, su reglamento de aplicación se promulgó en el gobierno de Guillermo Lasso mediante Decreto Ejecutivo No. 165 publicado en el Registro Oficial No. 524 del 26 de agosto de 2021, Primer Suplemento.

Con esta breve reseña histórica, esta investigación en su primer objetivo analiza la normativa vigente sobre la mediación en el Ecuador; y así tenemos que, desde la Constitución de la República se la reconoce como una vía pacífica y de consensos para la solución de controversias, su Art. 190 señala “Se reconoce el arbitraje, la mediación y otros procedimientos alternativos para la solución de conflictos. Estos procedimientos se aplicarán con sujeción a la ley, en materias en las que por su naturaleza se pueda transigir...”, así mismo, la Ley de Arbitraje y Mediación en sus artículos 44 y 45 establecen los requisitos, sujetos de mediación y los entes ante los cuales se ha de recurrir solicitando la instauración de audiencias, reconociendo a los centros de mediación y mediadores independientes autorizados, con la capacidad de mediar como terceros neutrales en materias transigibles. El Reglamento a la Ley en su Art. 1 blinda a los Centros de Arbitraje y Mediación con los principios de independencia y autonomía señalando que los mismos no se encuentran sometidos a disposición o autoridad que pretenda menoscabar sus atribuciones, ejercer control o interferir en sus funciones; por lo que, las partes en conflicto gozan de la libertad de poder transigir y llegar a acuerdos con su sola aceptación voluntaria en todo aquello que la ley les faculta.

Por su parte el Código Orgánico de la Función Judicial reconoce en su artículo 17 al Arbitraje y la Mediación como una forma de servicio público de administración de justicia y dentro de las facultades jurisdiccionales establecidas en su Art. 130 concede a las juezas y jueces en su numeral 11, la posibilidad de que las partes puedan conciliar y acordar en todo aquello que la ley les permita, por lo que, si actor y demandado lo consideren pertinente, el juez o jueza, en el momento procesal oportuno, derivarán la causa a un Centro de Mediación reconocido por el Consejo de la Judicatura, cuyo efecto tras la firma del acta de mediación, es la solución del conflicto en litigio y la motivación para la resolución del archivo definitivo de la causa. En materia de niñez y adolescencia la normativa ecuatoriana permite la mediación respetando los derechos irrenunciables del niño, niña o adolescentes conforme lo establecido en los artículos 294 y 295 del Código de la Niñez y Adolescencia.

En su segundo objetivo específico, para determinar la repercusión de la mediación en el sistema de justicia ordinario se realizaron análisis cuantitativos en base de información contenida y reflejada por el Consejo de la Judicatura en sus páginas informativas web.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 202-215
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

MATERIALES Y MÉTODOS

Metodología de investigación

La presente investigación se realizó bajo una metodología de modalidad mixta, que combina el análisis documental cualitativo no experimental, con el análisis estadístico-cuantitativo de carácter secundario. A partir del análisis documental cualitativo no experimental se examina y realiza un análisis al marco normativo vigente y aplicable a la mediación con una breve síntesis histórica de esta institución. Desde el enfoque cuantitativo, la investigación tiene un carácter analítico sustentado en la descripción e interpretación de datos estadísticos secundarios publicados por el Consejo de la Judicatura del Ecuador, los cuales permitieron evaluar la repercusión de la mediación en la reducción de la carga procesal del sistema de justicia ordinario en el período comprendido entre los años 2019 y 2025. La articulación entre ambos enfoques posibilitó, no solo describir y analizar el marco normativo e institucional de la mediación; sino también, contrastar su aplicación con evidencia empírica proveniente de fuentes oficiales.

Población y muestra

La población objeto de estudio constituyeron normas jurídicas vigentes en materia de mediación, literatura académica (artículos, revistas, tesis y libros con base científica) y registros estadísticos e institucionales del Consejo de la Judicatura del Ecuador. La muestra se seleccionó mediante un muestreo intencional no probabilístico, priorizando aquellas fuentes directamente vinculadas al objeto de estudio, actualizadas y con rigor académico e institucional verificable, especializadas en la mediación como método alternativo de solución de conflictos.

Entorno de la investigación

La investigación se desarrolló en un entorno documental y bibliográfico utilizando fuentes secundarias de carácter jurídico. Las principales fuentes de datos y herramientas utilizadas se resumen en las siguientes:

- Bases de datos académicas especializadas como Scielo, Google Académico.
- Normativa vigente y aplicable a la institución de la mediación.
- Informes de gestión, portales de estadísticas y páginas informativas publicados por el Consejo de la Judicatura del Ecuador, que sirvieron de base para la elaboración de cuadros descriptivos y gráficas estadísticas.
- Repositorios institucionales universitarios.

La selección de estas fuentes se sustentó en los siguientes criterios:

- Vinculación, actualidad y pertinencia en el abordaje de la institución de la mediación como medio alternativo en la solución de conflictos.
- Soporte y rigor académico e institucional verificable.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 202-215

DOI:
https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

. Confiabilidad y especialización.

Estas fuentes permitieron acceder a información confiable y actualizada sobre la institución de la mediación como método alternativo de solución de conflictos en el Ecuador.

Recopilación de información

La recopilación de información se estructuró en dos niveles complementarios:

En primer lugar, se examinó el marco normativo vigente y aplicable, integrado por la Constitución de la República del Ecuador, La Ley de Arbitraje y Mediación de 1997 y su Codificación de 2006, sus reformas posteriores, Código Orgánico de la Función Judicial y el Código de la Niñez y la Adolescencia.

En segundo lugar, se recurrió a fuentes académicas y documentales indexadas entre ellos artículos científicos publicados en revistas especializadas, tesis de grado disponibles en repositorios institucionales universitarios. Complementariamente, se incorporaron fuentes de naturaleza estadística e institucional tales como informes de gestión, portales de estadísticas y páginas informativas publicados por el Consejo de la Judicatura del Ecuador, correspondientes a los distintos centros y materias de mediación.

RESULTADOS

Una vez analizado el marco normativo que sustenta la mediación, respecto de su aplicación, nos indica que ésta procede en materias transigibles, sin especificarlas; sin embargo, el Centro Nacional de Mediación de la Función Judicial en el Ecuador, desde su página web hace referencia a las materias sobre las que se ha de transigir; y en base de las cuales en el presente artículo, se ha elaborado el siguiente cuadro que detalla las materias y sus asuntos transigibles, así como también, el tipo de procedimiento a aplicarse en cada temática. (Ver Tabla 1.)

Tabla 1. Materias transigibles.

MATERIA	ASUNTO	No. ASUNTOS	PROCEDIMIENTO
FAMILIA	• Alimentos • Régimen de visitas • Tenencia para divorcio de mutuo consentimiento sin oposición • Alimentos para personas adultas mayores • Alimentos para mujer embarazada • Alimentos congruos y/o necesarios	8	SD

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 202-215
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

	• Partición voluntaria de bienes sucesorios de mutuo acuerdo • Liquidación de la sociedad conyugal de mutuo acuerdo		
	• Liquidación de la sociedad conyugal con oposición • Tenencia con oposición • Partición voluntaria de bienes sucesorios con oposición	3	DJ
INQUILINATO	• Desocupación de inmueble • Devolución de garantía • Incumplimiento de contrato • Pago de cánones de arrendamiento	4	SD
LABORAL	• Liquidación de haberes • Jubilaciones patronales • Forma de pagos de sueldos atrasados • Remuneración parcial o por horas • Horas extraordinarias o suplementarias • Bonificaciones y utilidades • Indemnizaciones	7	SD
TRANSITO	• Remisiones de tránsito respecto a infracciones sin resultado de muerte, ni lesión grave que cause incapacidad permanente, pérdida o inutilización de algún órgano.	1	SD
CIVIL	• Demarcación de linderos • Servidumbres • Reposición de Mojones • Rendición de cuentas • Partición y adjudicación de bienes de sociedad civil • Inventario • Concurso de acreedores • Incumplimiento de contrato • Cobro de deudas • Indemnización por daños y perjuicios	10	SD
	• Acción reivindicatoria, • Amparo posesorio • Prescripción adquisitiva de dominio • Daño Moral • Ejecución de sentencia de acta de mediación • Ejecución de sentencia de acta transaccional • Ejecución de sentencia de laudo arbitral	8	DJ

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 202-215
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

	• Ejecución de sentencia de hipoteca		
CONVIVENCIA SOCIAL O VECINAL	• Daños y perjuicios de ínfima cuantía • Fórmula de pago de alícuotas atrasadas • Respeto de normas de convivencia comunitaria y/o uso de áreas comunales • Daños causados a propiedad privada por animales domésticos o de crianza.	4	SD
ADOLESCENTES EN CONFLICTOS CON LA LEY	Cumplir con lo indicado en los artículos 345 y 348-c del Código Orgánico de la Niñez y Adolescencia. Adolescentes infractores	1	DJ
CONSUMIDORES Y USUARIOS	• Pago de servicios básicos • Reclamos sobre calidad de bienes • Reclamos por publicidad engañosa • Reclamos por mala calidad de servicios	4	SD
CONTRATACION PUBLICA	• Incumplimiento de contrato • Multas • Declaratoria de terminación anticipada de contrato	3	SD
TRIBUTARIO	Cumplir con los requisitos estipulados en los artículos 56.6 y 56.7 de la Ley Orgánica para el Desarrollo Económico y Sostenibilidad Fiscal tras la Pandemia Covid-19, en concordancia con el artículo 119 del Código Orgánico Tributario; así como, con lo establecido en los numerales 1, 2, 3 y 4 del artículo 25 del Reglamento a la Ley Orgánica para el Desarrollo Económico y Sostenibilidad Fiscal tras la Pandemia Covid-19, y demás normativa legal vigente conexa.		

Fuente: Centro Nacional de Mediación de la Función Judicial (10 – 19)

Nota: SD = Solicitud directa; DJ = Derivación Judicial

De las materias transigibles en mediación y señaladas en el cuadro que antecede y considerando además que cada materia contiene uno o más asuntos susceptibles de mediación (exceptuando materia tributaria en la cual el Centro Nacional de Mediación no especifica asuntos y procedimiento); tenemos que, de 53 temáticas objeto de mediación contenidas en las distintas materias transigibles, 41 de ellas, esto es el 77,36 % pueden solicitarse de forma directa SD por las partes o una de ellas; mientras que 12 que representan el 22,64 % se dan por derivación judicial DJ.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 202-215
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

Es importante destacar que en materia civil de 18 asuntos susceptibles de mediación 10 de estos se pueden realizar con el procedimiento de solicitud directa SD y 8 con derivación judicial DJ; en materia de familia de 11 asuntos transigibles 8 proceden con solicitud directa SD y 3 con derivación judicial DJ; teniendo que, sumadas las materias de civil y familia estas concentran el 54,71 % de los asuntos que siendo transigibles pueden solucionarse por mediación.

El sistema de justicia ecuatoriano para atender la demanda de soluciones a conflictos transigibles por mediación, cuenta a nivel nacional con 229 centros de mediación aprobados por el Pleno y la Dirección General del Consejo de la Judicatura, según la información publicada por esta entidad pública con corte al 24 de abril 2026, los mismos que se distribuyen en distintas provincias; y, algunos de ellos como es el caso del centro de mediación de la Función Judicial mantiene 141 oficinas abiertas en la mayoría de la ciudades del país de acuerdo a la información publicada por el Consejo de la Judicatura a través de su página web con corte al 11 de agosto de 2025. Estos centros de mediación en el Ecuador han venido experimentando en el tiempo un crecimiento sostenido y que para el período comprendido entre los años 2019 y 2024 ha significado un incremento del 126%; y si consideramos que, según la información publicada por el Consejo de la Judicatura con corte al 24 de abril 2026 ésta registra aprobados 229 centros de mediación a nivel nacional, tendríamos entonces un incremento del 172% para los últimos siete años tomando en cuenta el mismo año base 2019. (Ver Figura 1.)

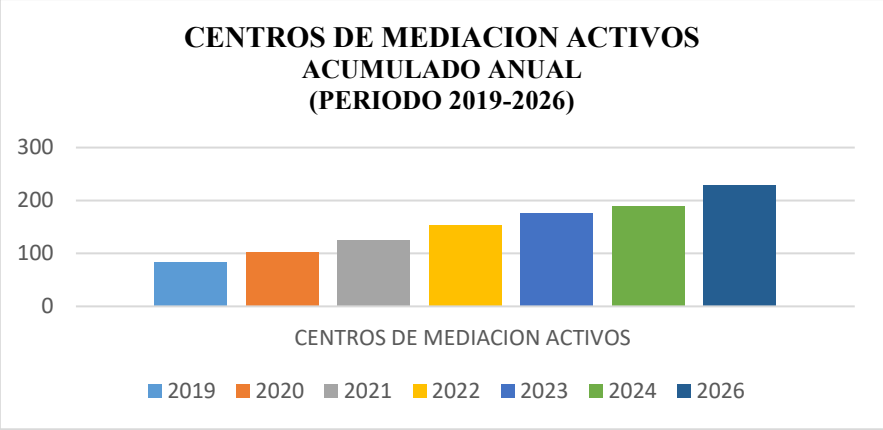


Figura 1. Acumulación anual de centros de mediación activos

Fuentes: Consejo de la Judicatura del Ecuador, Dirección Nacional de Acceso a los Servicios de Justicia (20); Consejo de la Judicatura del Ecuador. Consejo de la Judicatura (21 – 22).

En cuanto a las solicitudes ingresadas a nivel nacional para la prestación del servicio de mediación, de la información proporcionada por el Consejo de la Judicatura a través de su página web y que contienen solicitudes directas, de derivación judicial y remisiones en tránsito; tenemos que, para el período comprendido entre los años 2019-2024, éstas han experimentado una curva creciente con excepción del año 2020 donde tenemos un decrecimiento del 31,72%, tendencia que se revierte entre los años 2021 al 2023 donde se da una media de crecimiento del 15.97 %; entre 2023 y 2024 se da un ligero decrecimiento del 0.3%. Para el año 2025 las solicitudes de mediación suman un total de 34.386 con la consideración de que éstas corresponden a información publicada

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 202-215
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

hasta julio del 2025. Estas tendencias demuestran el grado de incidencia de la institución de la mediación dentro del sistema de justicia del Ecuador repercutiendo directamente en la descongestión de su carga procesal. (Ver Figura 2.)

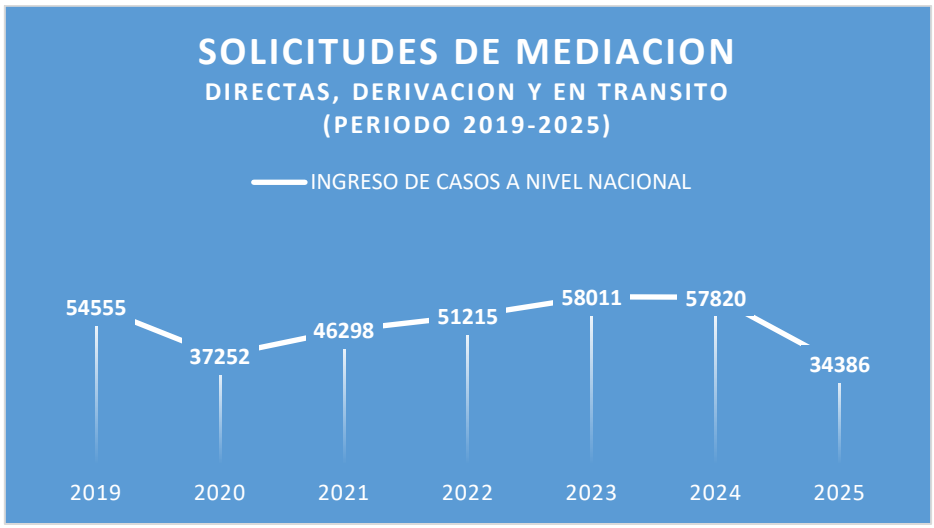


Figura 2. Solicitudes de mediación

Fuente: Consejo de la Judicatura del Ecuador, Centro Nacional de Mediación de la Función Judicial (23)

En cuanto a las audiencias instaladas en relación a los casos presentados para mediación en el período 2019-2025, tenemos una tendencia creciente con excepción del año 2020; así tenemos que, para el año 2021 el porcentaje de audiencias instaladas es del 65%, 2022 68%, 2023 y 2024 71% y 2025 73% con una media anual de audiencias instaladas entre los años 2021- 2025 del 69,6%. (Ver Figura 3.)

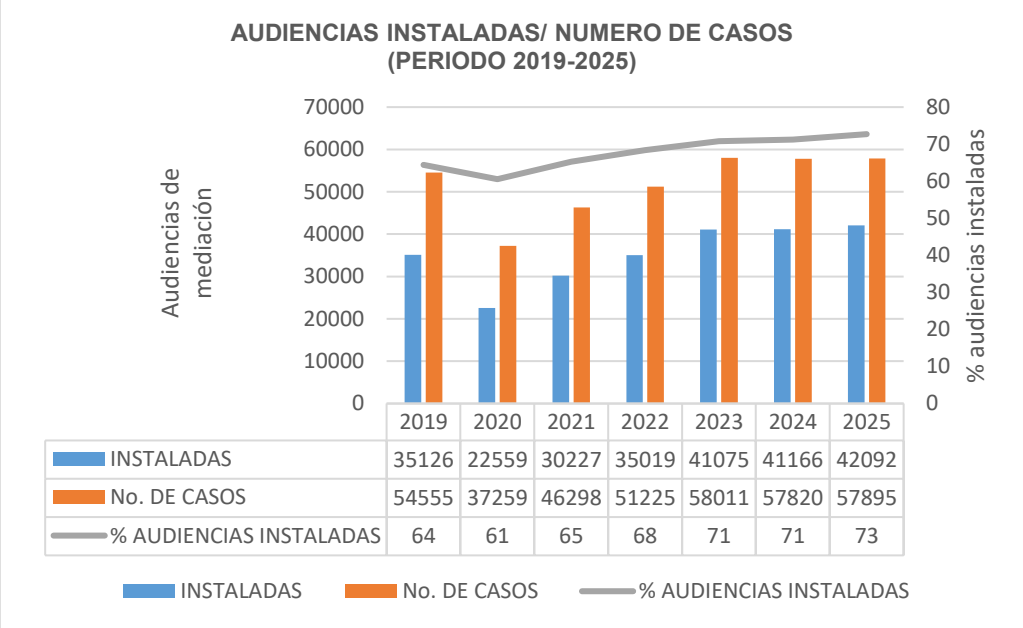
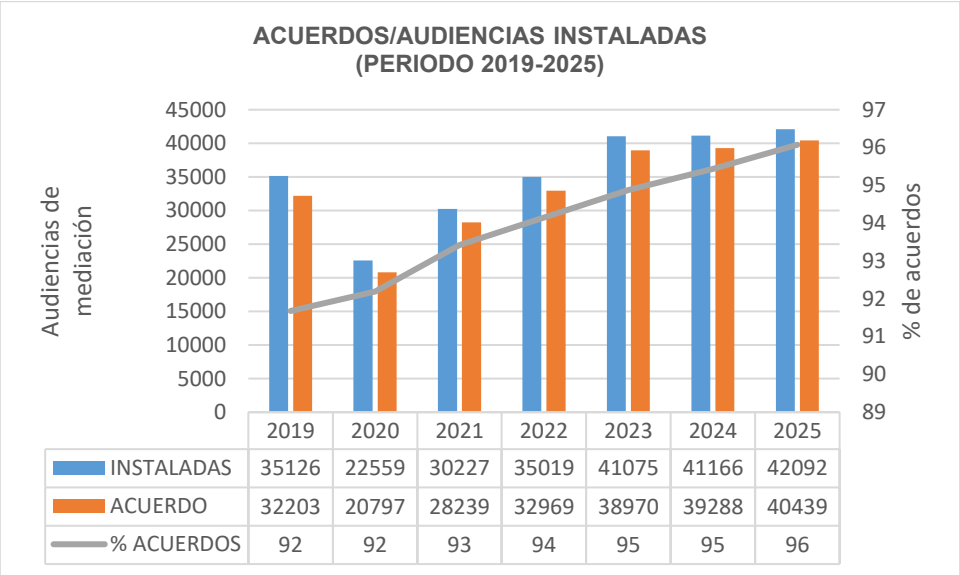


Figura 3. Audiencias instaladas/número de casos

Fuente: Consejo de la Judicatura del Ecuador. Portal de Estadística Judicial (24)

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 202-215
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

De los acuerdos alcanzados en mediación en relación a las audiencias instaladas tenemos que para el período 2019-2025 hay una tendencia creciente en todos estos años; es así que, en los años 2019 y 2020 el porcentaje de acuerdos logrados con relación al número de audiencias instaladas es del 92%, para el 2021 el 93%, 2022 el 94%, 2023 el 95%, 2024 el 95% y 2025 el 96%, con una media anual de acuerdos logrados en este período del 93,86%; y que, implica la solución a conflictos que pudiendo haber sumado a la carga procesal del sistema de justicia ordinario, se resolvieron a través de la mediación de manera más rápida y eficiente. (Ver Figura 4.)



	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
INSTALADAS	35126	22559	30227	35019	41075	41166	42092
ACUERDO	32203	20797	28239	32969	38970	39288	40439
% ACUERDOS	92	92	93	94	95	95	96

Figura 4. Acuerdos logrados por mediación/audiencias instaladas

Fuente: Consejo de la Judicatura del Ecuador. Portal de Estadística Judicial (24)

DISCUSIÓN

En el presente trabajo de investigación los resultados obtenidos muestran que la mediación como método alternativo en la solución de conflictos está amparada en el ordenamiento jurídico ecuatoriano por la Constitución y la ley y se puede aplicar en diferentes materias y asuntos transigibles.

Su refrendación en el artículo 190, junto con su desarrollo en la Ley de Arbitraje y Mediación, evidencia que no se trata de una vía accesoria, sino de una institución jurídica plenamente incorporada al sistema de administración de justicia. En ese sentido, la mediación responde a los principios de celeridad, economía procesal y acceso efectivo a la justicia. Patricia Balbuena autora del artículo (La justicia no tiene rostro de mujer), encuentra dos acepciones del concepto de acceso a la justicia señalándola como “El derecho de toda persona de acudir al sistema de justicia (formal y alternativo) y de obtener una respuesta adecuada”; y, “El deber del Estado de brindar un servicio público que cumpla con los principios rectores de continuidad, adaptabilidad del servicio, igualdad, celeridad, gratuidad”. (5)

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 202-215
DOI: https://doi.org/10.56519/wt5jt088
Agosto 2026

La mediación tiene fuerza legal pero su esencia radica en la voluntariedad; y, entonces surge una interrogante ¿Que hace que un individuo o comunidad se opongan a solucionar sus conflictos por la vía de la paz y armonía?, arrastrándolos hacia una conflictividad jurídica compleja en la búsqueda de justicia y satisfacción de sus intereses y demandas; las respuestas, podrían tener diferentes acepciones, pero todas probablemente, con un mismo denominador común, que radica en la falta de persuasión cultural en cuanto a los beneficios de la aplicación de la mediación. Según Francisco Javier Gorjón Gómez "la persuasión identifica y resalta las necesidades y deseos de las personas y se centra en lograr confianza" (6). Es imperioso, por tanto, socialmente avanzar hacia la culturización de los métodos alternos pacíficos de solución de conflictos a través de la identificación de respuestas confiables a las necesidades y deseos individuales y sociales en constante evolución.

Desde una perspectiva funcional, los hallazgos muestran que la mediación contribuye a la descongestión judicial al permitir la resolución anticipada de controversias sin necesidad de agotar un proceso ordinario. Ello reviste particular importancia en un contexto de elevada carga procesal, en el que los mecanismos autocompositivos representan respuestas idóneas para optimizar recursos públicos, reducir tiempos de tramitación y fortalecer el acceso efectivo a la justicia. En consecuencia, la mediación no solo resuelve conflictos concretos, sino que también produce un impacto institucional favorable sobre el servicio público de justicia.

Asimismo, la naturaleza voluntaria, extrajudicial y definitiva del acta de mediación refuerza su eficacia jurídica. La posibilidad de exigir judicialmente su cumplimiento en caso de incumplimiento confirma que el acuerdo alcanzado no constituye un simple entendimiento informal, sino un acto dotado de fuerza obligatoria y aptitud ejecutiva. Este rasgo fortalece la seguridad jurídica y explica por qué la mediación puede considerarse un mecanismo idóneo para la tutela de derechos en controversias susceptibles de transacción.

Por otra parte, la delimitación legal de las materias en las que procede la mediación demuestra que el legislador ecuatoriano ha procurado equilibrar la autonomía de la voluntad con la protección de derechos indisponibles. La regulación específica en ámbitos como familia, niñez y adolescencia, laboral, inquilinato, civil y tránsito evidencia que la procedencia del mecanismo responde a criterios jurídicos precisos y no a una liberalización indiscriminada de la conflictividad. En esa medida, la investigación confirma que la mediación no solo es compatible con el marco normativo ecuatoriano, sino que representa una herramienta necesaria para una justicia más ágil, accesible y orientada a la pacificación social.

CONCLUSIONES

La institución de la mediación en el ordenamiento jurídico ecuatoriano, constituye un mecanismo alternativo de solución de conflictos plenamente reconocido por la Constitución de la República del Ecuador, la Ley de Arbitraje y Mediación, el Código Orgánico de la Función Judicial y demás normativa aplicable, razón por la cual su

naturaleza jurídica se encuentra debidamente consolidada dentro del sistema de administración de justicia, respondiendo a los principios de voluntariedad, celeridad, economía procesal, imparcialidad y autocomposición y permitiendo que las partes, asistidas por un tercero neutral, alcancen acuerdos válidos, eficaces y definitivos sobre materias transigibles sin necesidad de someter la controversia a un proceso judicial ordinario; sin embargo, hay que considerar que la normativa como tal no delimita de forma expresa y específica los ámbitos en los cuales procede la mediación; por lo que, es necesario trabajar en su delimitación y con una data dinámica unificada y actualizada en tiempo real.

El análisis en base a las estadísticas expuestas permite afirmar que la mediación incide de manera positiva en la descongestión de la carga procesal del sistema judicial ecuatoriano, en tanto evita la judicialización de determinados conflictos y coadyuva a una administración de justicia más ágil, eficiente y oportuna, en beneficio de los mediados y del Estado.

La mediación se erige como una institución jurídica idónea para la solución pacífica de controversias, en la medida en que no solo preserva la autonomía de la voluntad de las partes, sino que además fortalece la cultura de paz, el acceso a la justicia y la eficacia del sistema jurisdiccional ecuatoriano. Es imperante continuar promoviendo y fortaleciendo los mecanismos de mediación mediante políticas públicas, difusión institucional y capacitación especializada, a fin de consolidar su utilización como vía preferente de solución de conflictos y medio de optimización del servicio público de justicia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Medina J. Noticias Jurídicas. [Online].; 2024 [cited 2026 Apr 13]. Available from: https://noticias.juridicas.com/conocimiento/tribunas/18960--mediacion-pasado-y-presente/.
2. Medina JCC. Escuela Internacional de Mediación. [Online].; 2024 [cited 2026 Apr 14]. Available from: https://eimediacion.edu.es/ser-mediador/historia-de-la-mediacion/.
3. Encalada GMC. Métodos alternativos de solución de conflictos en el Ecuador: sus alcances y limitaciones. Tesis de grado. Cuenca: Universidad de Cuenca, Carrera de Derecho; 2021.
4. Congreso del Ecuador. Área de Libre Comercio de las Américas. [Online].: Registro Oficial No. 145; 1997 [cited 2026 Jul 16]. Available from: https://www.newyorkconvention.org/media/uploads/pdf/5/4/548_law-on-arbitration-and-mediation-ley-no-000-ro-145-of-4-september-1997-ley-de-arbitraje-y-mediacion-de-4-de-septiembre-de-1997.pdf.
5. Balbuena P. La justicia no tiene rostro de mujer. Obstáculos para el acceso a la justicia de las mujeres. El Otro Derecho. 2006 Dec;35(35):237-246.
6. Gorjón Gómez FJ. Mediación su valor intangible y efectos operativos “Una visión integradora de los métodos alternos de solución de conflictos”. Ciudad de México: Tirant Lo Blanch; 2017.

7. Noticias Jurídicas. Mediación: pasado y presente. [Online].; 2024. Available from: https://noticias.juridicas.com/conocimiento/tribunas/18960--mediacion-pasado-y-presente/.
8. Escuela Internacional de Mediación. Historia de la mediación. [Online].; 2024. Available from: https://eimediacion.edu.es/ser-mediador/historia-de-la-mediacion/.
9. Encalada Carrera M. [Online].; 2021. Available from: https://rest-dspace.ucuenca.edu.ec/server/api/core/bitstreams/6662ee78-7c7b-4501-be1f-2b66fbf4d773/content.
10. Área de Libre Comercio de las Américas. Ley de Arbitraje y Mediación. [Online].; 2014. Available from: https://www.newyorkconvention.org/media/uploads/pdf/5/4/548_law-on-arbitration-and-mediation-ley-no-000-ro-145-of-4-september-1997-ley-de-arbitraje-y-mediacion-de-4-de-septiembre-de-1997.pdf.
11. Congreso Nacional del Ecuador. Codificación de la Ley de Arbitraje y Mediación, No. 2006-014. Codificación de la Ley de Arbitraje y Mediación. Quito: Congreso Nacional del Ecuador; 2006.
12. Congreso Nacional Electoral. Ley Orgánica Reformatoria del Código Orgánico de la Función Judicial. Quito: Congreso Nacional Electoral; 2020.
13. Presidencia de la República del Ecuador. Reglamento a la Ley de Arbitraje y Mediación. Decreto Presidencial. Quito: Presidencia de la República del Ecuador; 2021.
14. Centro Nacional de Mediación de la Función Judicial. Mediación Función Judicial. [Online].; 2026 [cited 2026 Apr 30]. Available from: https://mediacion.funcionjudicial.gob.ec/familia/.
15. Centro Nacional de Mediación de la Función Judicial. Mediación Función Judicial. [Online].; 2026 [cited 2026 May 1]. Available from: https://mediacion.funcionjudicial.gob.ec/inquilinato/.
16. Centro Nacional de Mediación de la Función Judicial. Mediación Función Judicial. [Online].; 2026 [cited 2026 May 1]. Available from: https://mediacion.funcionjudicial.gob.ec/tributario/.
17. Centro Nacional de Mediación de la Función Judicial. Mediación Función Judicial. [Online].; 2026 [cited 2026 May 1]. Available from: https://mediacion.funcionjudicial.gob.ec/civil/.
18. Centro Nacional de Mediación de la Función Judicial. Mediación Función Judicial. [Online].; 2026 [cited 2026 May 1]. Available from: https://mediacion.funcionjudicial.gob.ec/convivencia-social-o-vecinal/.
19. Centro Nacional de Mediación de la Función Judicial. Mediación Función Judicial. [Online].; 2026 [cited 2026 May 1]. Available from: http://mediacion.funcionjudicial.gob.ec/transito/.
20. Centro Nacional de Mediación de la Función Judicial. Mediación Función Judicial. [Online].; 2026 [cited 2026 May 2]. Available from: https://mediacion.funcionjudicial.gob.ec/adolescentes-infractores/.
21. Centro Nacional de Mediación de la Función Judicial. Mediación Función Judicial. [Online].; 2026 [cited 2026 May 2]. Available from: https://mediacion.funcionjudicial.gob.ec/laboral/.

22. Centro Nacional de Mediación de la Función Judicial. Mediación Función Judicial. [Online].; 2026 [cited 2026 May 2]. Available from: https://mediacion.funcionjudicial.gob.ec/consumidores-y-usuarios/.
23. Centro Nacional de Mediación de la Función Judicial. Mediación Función Judicial. [Online].; 2026 [cited 2026 May 3]. Available from: https://mediacion.funcionjudicial.gob.ec/contratacion-publica/.
24. Consejo de la Judicatura del Ecuador, Dirección Nacional de Acceso a los Servicios de Justicia. Boletín de Mediación No. 1: Estadísticas de Mediación a Nivel Nacional. Quito: Consejo de la Judicatura del Ecuador; 2025.
25. Consejo de la Judicatura del Ecuador. Consejo de la Judicatura. [Online].; 2025 [cited 2026 May 6]. Available from: https://www.funcionjudicial.gob.ec/centros-mediacion-aprobados/oficinas-del-centro-de-mediacion-de-la-funcion-judicial/.
26. Consejo de la Judicatura del Ecuador. Consejo de la Judicatura. [Online].; 2026 [cited 2026 May 7]. Available from: https://www.funcionjudicial.gob.ec/centros-mediacion-aprobados/.
27. Consejo de la Judicatura del Ecuador, Centro Nacional de Mediación de la Función Judicial. Informe de Gestión: Enero 2014 a Julio 2025. Informe de gestión. Quito: Consejo de la Judicatura; 2025.
28. Consejo de la Judicatura del Ecuador. Portal de Estadística Judicial. [Online].; 2026 [cited 2026 May 16]. Available from: https://fsweb.funcionjudicial.gob.ec/estadisticas/datoscj/centrosmediacionfj.html

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 216-228

DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

ANÁLISIS JURÍDICO DEL USO DE LA EVIDENCIA DIGITAL EN LOS PROCESOS PENALES Y SU IMPACTO EN LA GARANTÍA DEL DEBIDO PROCESO

LEGAL ANALYSIS OF THE USE OF DIGITAL EVIDENCE IN CRIMINAL PROCEEDINGS AND ITS IMPACT ON THE GUARANTEE OF DUE PROCESS

María Fernanda Echeverría[1], Juan Carlos Baquero Salazar[2], Orlando Lenin Carrión[3], Melany Lisseth Escobar Garzon[4]

{maferecheverria@hotmail.com[1], juan.baquero.tse@gmail.com[2], mgs.orlando_carrion@hotmail.com[3], melany.lgc.23@gmail.com[4]}

Fecha de recepción: 08/07/2026 / Fecha de aceptación: 20/08/2026 / Fecha de publicación: 25/08/2026

RESUMEN: El uso de la evidencia digital en los procesos penales constituye uno de los fenómenos jurídicos más relevantes derivados de la transformación tecnológica de las últimas dos décadas, en la medida en que los sistemas de justicia penal de América Latina, y particularmente de Ecuador, enfrentan el reto de incorporar mensajes de datos, metadatos, imágenes, videos, registros de geolocalización y demás elementos electrónicos como medios de prueba válidos, sin comprometer las garantías del debido proceso. Este trabajo examinó, mediante una revisión sistemática de la literatura especializada siguiendo los parámetros PRISMA, el abordaje procesal de la evidencia digital en las causas penales y cómo esta repercute en las garantías del debido proceso. Se empleó una metodología documental de carácter cualitativo y con un alcance descriptivo-analítico; para lograrlo, se llevó a cabo una búsqueda estructurada en bases de datos indexadas aplicando criterios definidos de inclusión y exclusión, lo que permitió seleccionar un grupo final de artículos académicos publicados entre 2021 y 2026. Los hallazgos revelan que, aunque la normativa ecuatoriana y de la región admite el valor probatorio de los componentes informáticos, aún existen vacíos legales y operativos al resguardar la cadena de custodia, sumado a la ausencia de protocolos forenses uniformes, la limitada formación de los servidores judiciales y la falta de criterio único al momento de evaluar su autenticidad e integridad. Estas falencias perjudican de forma directa el derecho a la defensa, la contradicción de las pruebas y la imparcialidad en las resoluciones de los jueces. En consecuencia, asegurar una verdadera protección judicial frente a las pruebas tecnológicas exige adecuar las leyes locales a los parámetros internacionales, formalizar guías para las pericias y capacitar de forma permanente a los profesionales del sistema de justicia. Únicamente de esta manera se

[1]Investigador Independiente, https://orcid.org/0000-0002-7266-2906
[2]BS Legal Tech, https://orcid.org/0009-0004-1762-2778
[3]Consultoría Jurídica Criminalística "Carrión", https://orcid.org/0009-0005-1335-905X
[4]Provincial, Consejo de la Judicatura de Tungurahua, https://orcid.org/0009-0001-1124-1585

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 216-228

DOI:
https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

podrá consolidar un juzgamiento penal transparente, riguroso y en apego estricto a los derechos constitucionales en el entorno digital.

Palabras clave: prueba electrónica, cadena de custodia, informática forense, garantías judiciales, ciberdelincuencia

ABSTRACT: The use of digital evidence in criminal proceedings is one of the most significant legal developments resulting from the technological transformation of the past two decades, as criminal justice systems in Latin America—and particularly in Ecuador—face the challenge of incorporating data messages, metadata, images, videos, geolocation records, and other electronic elements as valid forms of evidence without compromising due process guarantees. This study examined, through a systematic review of the specialized literature following the PRISMA guidelines, the procedural approach to digital evidence in criminal cases and how it impacts due process guarantees. A qualitative, descriptive-analytical documentary methodology was employed; to achieve this, a structured search was conducted in indexed databases using defined inclusion and exclusion criteria, which allowed for the selection of a final set of academic articles published between 2021 and 2026. The findings reveal that, although Ecuadorian and regional regulations recognize the evidentiary value of digital evidence, there are still legal and operational gaps in safeguarding the chain of custody, compounded by the absence of uniform forensic protocols, limited training for judicial officials, and the lack of a single standard for evaluating the authenticity and integrity of such evidence. These shortcomings directly undermine the right to a defense, the right to challenge evidence, and the impartiality of judicial rulings. Consequently, ensuring genuine judicial protection against digital evidence requires aligning local laws with international standards, formalizing guidelines for forensic analysis, and providing ongoing training to professionals in the justice system. Only in this way can a transparent and rigorous criminal justice process be established, one that strictly adheres to constitutional rights in the digital environment.

Keywords: electronic evidence, chain of custody, computer forensics, judicial safeguards, cybercrime

INTRODUCCIÓN

La sociedad contemporánea atraviesa un proceso de transformación digital que ha modificado de manera sustancial la forma en que se cometen, se investigan y se judicializan los hechos delictivos. El uso masivo de dispositivos móviles, redes sociales, sistemas de mensajería, plataformas de almacenamiento en la nube y dispositivos del internet de las cosas ha generado un volumen creciente de información susceptible de constituirse en fuente de prueba dentro de los procesos penales (1). Este fenómeno ha dado lugar a la categoría jurídica de evidencia digital, entendida como todo dato o información almacenada o transmitida en formato binario que puede ser utilizada como elemento de convicción dentro de un proceso judicial (15). A diferencia de la prueba

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 216-228
DOI:
https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

tradicional, la evidencia digital se caracteriza por su volatilidad, su fácil alterabilidad y la necesidad de conocimientos técnicos especializados para su identificación, recolección, preservación y análisis, tal como lo evidencian estudios recientes sobre el análisis forense de memoria volátil aplicado a delitos comunes con componente tecnológico en el contexto ecuatoriano (3), lo que exige el desarrollo de protocolos forenses rigurosos que garanticen su autenticidad e integridad a lo largo de toda la cadena de custodia (4).

A escala internacional, organismos como el Consejo de Europa impulsaron desde el año 2001 el Convenio sobre la Ciberdelincuencia, conocido como Convenio de Budapest, como el primer instrumento vinculante orientado a armonizar la persecución penal de los delitos informáticos y a establecer criterios comunes para la obtención de prueba electrónica entre Estados (17). De manera paralela, la Organización Internacional de Normalización desarrolló la familia de normas ISO/IEC 27037 e ISO/IEC 27042, que fijan directrices técnicas para la identificación, recolección, adquisición, preservación, análisis e interpretación de la evidencia digital, convirtiéndose en referentes de buenas prácticas forenses adoptados por laboratorios policiales y peritos informáticos de distintos países (15,16).

En América Latina, el crecimiento exponencial de los delitos informáticos ha superado, en muchos casos, la capacidad de respuesta normativa e institucional de los sistemas de justicia penal. Según el diagnóstico regional elaborado por la Organización de los Estados Americanos, los países de la región enfrentan brechas significativas en materia de infraestructura forense, capacitación de operadores de justicia y cooperación internacional para la obtención de evidencia digital transfronteriza, lo cual repercute directamente en la eficacia de la persecución penal y en la protección de los derechos de las personas procesadas (2). Estudios comparados desarrollados en países como España, Colombia, Chile y Perú evidencian igualmente tensiones entre la necesidad de incorporar tecnología a la investigación penal y el respeto a garantías como la intimidad, la inviolabilidad de las comunicaciones y el derecho de defensa (5).

En el caso particular de Ecuador, el Código Orgánico Integral Penal reconoce expresamente a los mensajes de datos, registros informáticos, correos electrónicos y demás documentos digitales como medios de prueba válidos dentro del proceso penal, y regula, aunque de manera general, la cadena de custodia y la actuación de peritos acreditados (8). Sin perjuicio de este reconocimiento normativo, diversas investigaciones desarrolladas en el país han identificado deficiencias relevantes en su aplicación práctica: ausencia de protocolos técnicos unificados, insuficiencia de infraestructura forense especializada, escasez de peritos informáticos acreditados y disparidad de criterios judiciales para valorar la autenticidad e integridad de la prueba digital (5,6,7). Estas deficiencias adquieren especial relevancia constitucional, en la medida en que el artículo 76 de la Constitución de la República del Ecuador consagra el debido proceso como conjunto de garantías básicas aplicables a todo procedimiento en el que se determinen derechos y obligaciones, entre ellas la presunción de inocencia, el derecho a la defensa, la contradicción de la prueba y la motivación de las resoluciones judiciales (9).

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 216-228

DOI:
https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

El debido proceso, además de su consagración constitucional interna, encuentra fundamento en el artículo 8 de la Convención Americana sobre Derechos Humanos, que reconoce el derecho de toda persona a ser oída con las debidas garantías por un juez o tribunal competente, independiente e imparcial (10). La Corte Interamericana de Derechos Humanos ha desarrollado una jurisprudencia consolidada sobre los componentes del debido proceso penal, entre ellos el derecho de defensa, el acceso a la prueba de cargo y la posibilidad efectiva de controvertirla, estándares que resultan plenamente aplicables al tratamiento de la evidencia digital (11). Cuando la cadena de custodia de un elemento digital se rompe, cuando no existen protocolos verificables de recolección o cuando el perito informático carece de acreditación técnica, se abre la posibilidad de que la prueba sea cuestionada por manipulación, afectando garantías como la contradicción y la igualdad de armas procesales.

Desde una perspectiva criminológica, el crecimiento de los delitos que dejan rastro digital fraude informático, suplantación de identidad, extorsión mediante redes sociales, pornografía infantil en línea y violencia digital de género, entre otros ha convertido a la evidencia digital en el elemento probatorio central de un número creciente de causas penales, incluso en delitos tradicionalmente investigados mediante prueba física, como el homicidio o el robo, en los que los registros de geolocalización, las cámaras de videovigilancia y los metadatos de dispositivos móviles se han incorporado como piezas clave de la investigación (1,2). Está marcada relevancia de la prueba informática intensifica el impacto legal ante cualquier falla en su manejo pericial: una modificación en la cadena de custodia o una obtención al margen de la ley no solo invalida un dato aislado, sino que llega a anular el juicio entero. Esto abre la puerta tanto a que queden impunes diversos delitos como a que se sancione injustamente a personas inocentes a partir de información alterada o defectuosa (3,4).

Frente a este panorama, resulta necesario sistematizar el conocimiento científico disponible sobre el tratamiento jurídico de la evidencia digital en los procesos penales y su relación con las garantías del debido proceso, identificando los principales vacíos normativos, técnicos y jurisprudenciales documentados en la literatura especializada de los últimos años. En este sentido, el objetivo general del presente estudio fue analizar, mediante una revisión sistemática de la literatura científica, el tratamiento jurídico de la evidencia digital en los procesos penales y su impacto en la garantía del debido proceso, con énfasis en el contexto ecuatoriano y latinoamericano.

El problema de investigación abordado en este estudio se sitúa en la intersección entre el derecho procesal penal, el derecho constitucional y la informática forense, tres campos disciplinares que, según la literatura revisada, no siempre dialogan de manera articulada en la práctica judicial. Mientras el legislador ha avanzado en el reconocimiento formal de la evidencia digital como medio de prueba, el desarrollo de capacidades técnicas periciales y de protocolos institucionales de actuación no ha seguido el mismo ritmo, generando una asimetría que traslada a los jueces la carga de resolver, caso por caso y sin criterios uniformes, cuestiones eminentemente técnicas relativas a la autenticidad, integridad y trazabilidad de la prueba electrónica (6,7).

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 216-228

DOI:
https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

A pesar del reconocimiento normativo de la evidencia digital como medio de prueba válido en el proceso penal ecuatoriano y en la mayoría de los ordenamientos latinoamericanos, subsiste una brecha entre dicho reconocimiento formal y las condiciones técnicas e institucionales necesarias para garantizar su autenticidad, integridad y confiabilidad probatoria (5,6). Esta brecha se traduce en prácticas heterogéneas de recolección y preservación de la evidencia, ausencia de protocolos nacionales estandarizados, insuficiente acreditación de peritos informáticos forenses y criterios judiciales dispares para admitir o excluir prueba digital, lo cual genera incertidumbre jurídica tanto para la Fiscalía como para la defensa técnica (12,13). El problema adquiere especial gravedad cuando se advierte que la vulneración de la cadena de custodia digital no solo compromete la eficacia de la persecución penal, sino que puede derivar en la afectación de derechos fundamentales del procesado, al admitirse como prueba de cargo elementos cuya trazabilidad no puede ser plenamente verificada (14). En consecuencia, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿cuál es el tratamiento jurídico que la literatura científica ha documentado respecto del uso de la evidencia digital en los procesos penales de Ecuador y América Latina, y de qué manera dicho tratamiento incide en la garantía del debido proceso?

Esta investigación analizó, mediante una revisión sistemática de la literatura académica aplicando el enfoque PRISMA, la regulación legal de las pruebas digitales dentro del sistema penal y su impacto en las garantías del debido proceso. El estudio examinó con especial énfasis el panorama de Ecuador y América Latina, compilando la producción científica difundida entre 2021 y 2026.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio emplea un diseño documental, elaborado a partir de una perspectiva cualitativa y con un nivel descriptivo-analítico. Su desarrollo se llevó a cabo mediante un examen sistemático de literatura especializada, alineado a los lineamientos de la declaración PRISMA 2020. Este esquema metodológico asegura un proceso claro y riguroso en las etapas de localización, selección, evaluación de la calidad probatoria e incorporación de los textos que constituyen la muestra final de análisis, disminuyendo de forma significativa el sesgo propio de las revisiones teóricas habituales.

La recolección de información se llevó a cabo entre junio y agosto de 2026 en bases de datos especializadas como Scopus, Dialnet, Redalyc, SciELO, Latindex y Google Académico, reforzada con el acceso a bibliotecas digitales universitarias de la región y repositorios jurídicos orientados a tecnología y derecho procesal. Las fórmulas de búsqueda combinaron descriptores como «evidencia digital», «prueba digital», «proceso penal», «debido proceso», «cadena de custodia» y «cibercrimen» mediante operadores booleanos AND y OR, añadiendo además sus equivalentes en inglés («digital evidence», «criminal proceedings», «due process») para extender la cobertura bibliográfica.

El proceso de selección dio prioridad a artículos indexados con evaluación por pares, tesis de posgrado, informes institucionales y capítulos de libros difundidos entre 2021 y

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 216-228

DOI:
https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

2026, redactados en español o inglés, con acceso a texto completo y centrados en el uso de la prueba informática en la justicia penal. Se descartaron publicaciones no arbitradas, registros duplicados, contenidos no científicos y trabajos técnicos carentes de análisis normativo-procesal.

El rastreo inicial identificó 138 registros. Tras eliminar 22 duplicados, se analizaron 116 mediante título y resumen, descartando 61 por no ajustarse al objeto de estudio. De los 55 trabajos revisados a texto completo, se depuraron 24 por incumplir los criterios de rigor (12 puramente informáticos, 7 sin arbitraje formal y 5 redundantes), consolidando una muestra final de 31 publicaciones académicas procesadas mediante matrices de análisis sintético.

Tabla 1. Fases del proceso de selección según el método PRISMA.

Fase	N.º de registros	Observación
Identificación	138	Búsqueda en bases indexadas y repositorios
Duplicados eliminados	22	Gestor bibliográfico y revisión manual
Cribado (título/resumen)	116	61 excluidos por falta de pertinencia temática
Elegibilidad (texto completo)	55	24 excluidos por criterios de calidad/pertinencia
Incluidos en la síntesis	31	Muestra final analizada

Los 31 documentos seleccionados se catalogaron en una plantilla bibliográfica que registró autoría, año de publicación, país, tipo de estudio, metodología y hallazgos principales. Sobre esta base, se efectuó un análisis de contenido cualitativo destinado a identificar patrones recurrentes, estructurados en cuatro ejes temáticos: (a) marco normativo de la prueba digital; (b) garantías procesales y exigencias técnicas; (c) valoración probatoria del material informático; y (d) tutela del debido proceso. Dado el enfoque cualitativo-documental del trabajo, no se utilizaron modelos estadísticos inferenciales, restringiendo el tratamiento de datos al cálculo descriptivo básico (frecuencias y porcentajes) para caracterizar el cuerpo de literatura examinado.

RESULTADOS

Los resultados de la presente revisión sistemática se organizan siguiendo los cuatro ejes temáticos derivados del análisis de contenido de la muestra documental, precedidos de una caracterización general de los estudios incluidos. Esta organización permite ofrecer una lectura integral del estado del arte sobre la evidencia digital en el proceso penal, desde su reconocimiento normativo hasta su incidencia concreta en las garantías del debido proceso, pasando por los aspectos técnico-forenses y de valoración judicial que constituyen el núcleo del debate identificado en la literatura especializada.

De un total de 31 indagaciones analizadas en la presente investigación, el 58 % (n=18) deriva de publicaciones distribuidas en revistas científicas ecuatorianas indexadas en Latindex, Dialnet y diversos repertorios regionales. Asimismo, un 23 % (n=7) encuentra

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 216-228
DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

su origen en estudios comparados procedentes de otras naciones iberoamericanas, mientras que el 19 % (n=6) que resta se compone de marcos regulatorios, dictámenes técnicos e jurisprudencia interamericana. En lo que concierne a la fecha de emisión, el 74 % de los insumos bibliográficos se sitúa entre 2023 y 2026, lo cual refleja una atención académica cada vez mayor frente a la convergencia entre la prueba digital y las garantías del debido proceso.

Tabla 2. Distribución de la muestra documental según eje temático.

Eje temático	n	%	Fuente principal
Marco normativo de la evidencia digital	9	29 %	COIP, COGEP, LOPD
Cadena de custodia y estándares técnicos	11	35 %	ISO/IEC 27037, ISO/IEC 27042
Valoración judicial de la prueba digital	6	20 %	Jurisprudencia y doctrina procesal
Garantías del debido proceso	5	16 %	Constitución, CADH, Corte IDH

Marco normativo de la evidencia digital

El análisis documental evidencia que el Código Orgánico Integral Penal reconoce expresamente a los documentos electrónicos, mensajes de datos y registros informáticos como medios de prueba, remitiendo de manera complementaria a la Ley de Comercio Electrónico, Firmas Electrónicas y Mensajes de Datos para efectos de su valoración probatoria (8). No obstante, los estudios coinciden en señalar que dicha regulación resulta insuficiente frente a la complejidad técnica de la evidencia digital contemporánea, al no establecer protocolos específicos y unificados de recolección para dispositivos móviles, sistemas en la nube o servidores institucionales, dejando dicha estandarización librada a propuestas técnicas puntuales antes que a una política pública consolidada (1,6). En el ámbito comparado, los ordenamientos de España, Colombia, Chile y Perú presentan un desarrollo normativo desigual: mientras España cuenta con regulación específica sobre diligencias de investigación tecnológica, Ecuador y otros países de la región carecen todavía de un marco legal autónomo para la prueba electrónica, apoyándose en disposiciones generales del código procesal penal (5,20).

Cadena de custodia y estándares técnicos

El eje temático con mayor frecuencia documental fue el relativo a la cadena de custodia digital, presente en el 35 % de la muestra. Los estudios revisados identifican de manera reiterada la ausencia de protocolos técnicos unificados a nivel nacional en Ecuador para la identificación, recolección, embalaje, transporte y almacenamiento de dispositivos electrónicos, lo que incrementa el riesgo de contaminación o alteración de la evidencia antes de su análisis pericial (12,22). Se documenta igualmente la escasa adopción formal de estándares internacionales como la norma ISO/IEC 27037, que establece los principios de auditabilidad, repetibilidad, reproducibilidad y justificabilidad como condiciones mínimas para garantizar la fiabilidad de la evidencia digital (15,16). Casos judiciales analizados en la literatura ilustran cómo la falta de coincidencia entre los

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 216-228
DOI:
https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

valores hash registrados al momento de la incautación y los verificados en la fase pericial ha derivado en la declaratoria de nulidad o exclusión de la prueba por ruptura de cadena de custodia (14).

Asimismo, se identifica en la región una carencia significativa de peritos informáticos forenses acreditados y de laboratorios especializados dotados de herramientas de duplicación forense bit a bit, lo que obliga en muchos casos a recurrir a peritos externos o a organismos de cooperación internacional, generando dilaciones procesales y encareciendo el acceso a la justicia (6,24). La Organización de los Estados Americanos ha señalado que esta limitación de capacidades técnicas constituye uno de los principales obstáculos para la persecución efectiva de la ciberdelincuencia en la región (2).

Valoración judicial de la prueba digital

En cuanto a la valoración judicial, los estudios revisados evidencian criterios dispares entre operadores de justicia respecto de la admisibilidad de capturas de pantalla, conversaciones de mensajería instantánea y publicaciones en redes sociales como prueba de cargo, en ausencia de peritajes técnicos que certifiquen su autenticidad (13,25). Se documenta una tendencia jurisprudencial creciente a exigir la verificación técnica de metadatos y la trazabilidad completa de la cadena de custodia como condición de admisibilidad, aunque dicha exigencia no se aplica de manera uniforme en todas las judicaturas del país (28,29). Por otra parte, algunos estudios advierten sobre el riesgo de una valoración judicial excesivamente formalista, que podría descartar evidencia digital sustancialmente relevante por defectos procedimentales menores, en desmedro de la búsqueda de la verdad material (21,23).

Garantías del debido proceso

Los documentos que abordan directamente la relación entre evidencia digital y debido proceso destacan tres tensiones principales. En primer lugar, la posible afectación del derecho a la intimidad y a la inviolabilidad de las comunicaciones durante la obtención de evidencia digital sin las debidas autorizaciones judiciales, así como el riesgo de que dicha prueba sea utilizada de manera selectiva o a conveniencia por las partes procesales (30). En segundo lugar, las limitaciones al derecho de defensa cuando la parte procesada no cuenta con acceso oportuno ni con capacidad técnica para controvertir la prueba digital de cargo, lo que compromete el principio de igualdad de armas (11,31). En tercer lugar, la exigencia de motivación judicial reforzada cuando la condena se sustenta de manera preponderante en evidencia digital, en virtud de los estándares fijados por la Corte Interamericana de Derechos Humanos en materia de garantías judiciales (10,11). Estos hallazgos convergen en señalar que la validez técnica de la evidencia digital constituye una condición necesaria, aunque no suficiente, para garantizar el respeto integral del debido proceso, el cual exige además condiciones de contradicción, igualdad procesal y motivación judicial suficiente.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 216-228

DOI:
https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

Jurisprudencia comparada y casos ilustrativos

El análisis documental identificó varios casos ilustrativos citados de manera reiterada en la literatura revisada, que permiten observar la aplicación práctica de los principios antes descritos. En un caso analizado dentro de la muestra, la absolución de los procesados se fundamentó, entre otros elementos, en la constatación de que los valores hash del material informático incautado no coincidían con los registrados en el acta policial al momento de la intervención, lo que llevó al tribunal a declarar la evidencia contaminada, inválida y no fiable, por ausencia de certeza sobre su preservación y autenticidad (14). Este tipo de precedentes refuerza la importancia práctica y no meramente teórica de los estándares técnicos de preservación de la evidencia digital, en la medida en que su inobservancia puede determinar directamente el sentido del fallo. En el ámbito ecuatoriano, la Corte Nacional de Justicia ha tenido oportunidad de pronunciarse sobre la valoración de prueba electrónica en procesos por delitos informáticos, reiterando que la sola existencia del dato digital no basta para acreditar su autenticidad si no se documenta el proceso técnico de su obtención (22).

En el plano comparado, los estudios revisados sobre Colombia documentan un desarrollo jurisprudencial orientado a exigir la intervención de peritos acreditados y la aplicación de protocolos forenses estandarizados como condición de admisibilidad de la evidencia digital en los procesos judiciales, en línea con los principios de la norma ISO/IEC 27037 (15,23). En Chile, el Ministerio Público ha desarrollado lineamientos institucionales específicos sobre integridad y autenticidad de la evidencia tecnológica, orientados a unificar los criterios de actuación de los fiscales a nivel nacional, un desarrollo institucional que, según los documentos analizados, todavía se encuentra en una etapa incipiente en el caso ecuatoriano (5). Estos hallazgos comparados sugieren que el fortalecimiento institucional antes que exclusivamente normativo constituye un factor determinante para la efectiva garantía del debido proceso frente a la evidencia digital.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos confirman, en términos generales, los hallazgos reportados por Avemañay Lema et al. (5), quienes identificaron una brecha entre el reconocimiento normativo de la prueba digital en Ecuador y su aplicación práctica, marcada por la ausencia de protocolos técnicos y limitaciones en la cadena de custodia. Esta coincidencia sugiere que dicha brecha no constituye un hallazgo aislado, sino una tendencia sostenida en la literatura ecuatoriana reciente, también documentada por Navas-Abad y Vázquez-Martínez (6) y por Morante Mendoza et al. (12), quienes atribuyen el problema a la ausencia de una regulación específica sobre prueba electrónica, en contraste con la Ley Modelo de Prueba Electrónica impulsada para la región latinoamericana por organismos de cooperación internacional.

En relación con la cadena de custodia, los hallazgos de este estudio refuerzan lo señalado por Ordoñez Ordoñez et al. (14), quienes documentaron casos concretos de impunidad derivados de la ruptura de la cadena de custodia por parte de organismos de

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 216-228
DOI:
https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

seguridad, así como lo expuesto por Quichimbo Román et al. (13) respecto de la insuficiente regulación de la prueba digital en el Código Orgánico General de Procesos. Estos resultados son consistentes con la literatura internacional: Casey (3) y Kerr (4) sostienen desde hace más de una década que la volatilidad de la evidencia digital exige protocolos forenses más rigurosos que los aplicables a la prueba física tradicional, mientras que los estándares ISO/IEC 27037 e ISO/IEC 27042 constituyen, a nivel comparado, la referencia técnica más aceptada para su recolección y análisis (15,16), coincidencia que respalda la recomendación, sostenida por múltiples estudios de la muestra, de adoptar formalmente dichos estándares en los protocolos periciales ecuatorianos.

No obstante, los resultados de este estudio matizan parcialmente las conclusiones de López (20) y de López Morales (21), quienes, en el contexto latinoamericano comparado, sostienen que la validez jurídica de la prueba digital se ha consolidado con mayor claridad en aquellos países que han desarrollado jurisprudencia específica sobre su admisibilidad. A diferencia de dicho escenario, la evidencia recopilada en el presente estudio indica que Ecuador continúa apoyándose en disposiciones procesales generales, sin un desarrollo normativo autónomo equivalente, lo que podría explicar la mayor disparidad de criterios judiciales identificada en la valoración de la prueba digital ecuatoriana frente a la observada en los sistemas comparados (28).

Respecto de las garantías del debido proceso, los hallazgos coinciden con la jurisprudencia de la Corte Interamericana de Derechos Humanos en el caso Suárez Rosero vs. Ecuador, en cuanto reafirman que el derecho de defensa exige el acceso oportuno y efectivo a los elementos de prueba que sustentan la acusación (11). Esta convergencia refuerza la tesis, sostenida también por Mendoza (25) y por San Martín Andrade et al. (26), de que la validez técnica de la evidencia digital resulta insuficiente si no se garantizan condiciones procesales de contradicción e igualdad de armas. Sin embargo, a diferencia de posturas más deterministas que atribuyen la vulneración del debido proceso exclusivamente a factores tecnológicos, los resultados de este estudio sugieren que las principales causas identificadas en la literatura son de naturaleza institucional y organizacional falta de protocolos, insuficiente capacitación, escasez de peritos acreditados antes que estrictamente tecnológicas, lo que reorienta las recomendaciones de política pública hacia el fortalecimiento institucional más que hacia la sola actualización normativa.

Un aspecto adicional que merece discusión es la efectividad práctica de los instrumentos de cooperación internacional en materia de evidencia digital transfronteriza. Si bien el Convenio de Budapest constituye el marco de referencia más citado en la literatura para la obtención de prueba electrónica alojada en servidores ubicados fuera de la jurisdicción nacional (17), Ecuador no forma parte de dicho instrumento como Estado suscriptor pleno, lo que, de acuerdo con los estudios revisados, dificulta los procesos de asistencia judicial mutua y de conservación expedita de datos informáticos ante proveedores de servicios internacionales de mensajería y redes sociales (2,7). Esta limitación coincide con lo señalado por la Organización de los Estados Americanos en su diagnóstico regional, que identifica a la cooperación internacional como uno de los

componentes más rezagados de la respuesta estatal frente a la ciberdelincuencia en América Latina (2), y sugiere que las reformas normativas internas, por sí solas, resultan insuficientes si no se acompañan de una política exterior activa en materia de cooperación judicial digital.

Finalmente, conviene señalar como limitación del presente estudio el carácter eminentemente documental de la revisión, que no incorporó un componente empírico primario mediante entrevistas o encuestas a operadores de justicia, a diferencia de estudios mixtos como el de Avemañay Lema et al. (5). Se recomienda que futuras investigaciones complementen la presente revisión sistemática con estudios de campo que permitan contrastar los hallazgos documentales con la práctica judicial cotidiana en las distintas judicaturas del país.

CONCLUSIONES

La revisión sistemática de la literatura evidencia que, si bien el ordenamiento jurídico ecuatoriano y la mayoría de los sistemas penales latinoamericanos reconocen normativamente la validez de la evidencia digital como medio de prueba, dicho reconocimiento formal no se encuentra acompañado de un desarrollo técnico-procedimental suficiente, lo que genera una brecha estructural entre la norma y su aplicación práctica en el proceso penal.

El fortalecimiento de la cadena de custodia digital, mediante la adopción de estándares técnicos internacionalmente reconocidos como la norma ISO/IEC 27037 y la acreditación formal de peritos informáticos forenses, constituye una condición indispensable para garantizar la autenticidad e integridad de la evidencia digital y, con ello, para prevenir su exclusión o nulidad por defectos procedimentales.

El impacto de la evidencia digital en la garantía del debido proceso no depende exclusivamente de factores tecnológicos, sino principalmente de condiciones institucionales relacionadas con la capacitación especializada de jueces, fiscales, defensores y peritos, así como con la existencia de protocolos claros que aseguren el derecho de defensa, la contradicción y la motivación judicial reforzada en aquellos procesos penales sustentados de manera preponderante en prueba electrónica, respondiendo así al objetivo general planteado en el presente estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. De la Torre Muñoz FM, Puertas Realpe AX, Burbano Peña CE. Manejo de la evidencia digital con visión en normas internacionales aplicables por los primeros interventores y peritos forenses en Ecuador. ISUPOL Rev Investig Segur Ciudadana Orden Público. 2024;(9):43-57.
2. Organización de los Estados Americanos. Ciberdelito en América Latina y el Caribe: diagnóstico regional 2022. Washington DC: Secretaría de Seguridad Multidimensional, OEA; 2022.

3. Vaca H. El análisis forense de memoria RAM como evidencia digital en delitos comunes: simulación de peculado en Ecuador. Rev Dig Cienc Forense. 2026;5(1).
4. Kerr OS. Computer Crime Law. 5th ed. St. Paul: West Academic Publishing; 2022.
5. Avemañay Lema SA, Avemañay Lema AJ, Duarte Correa MA. La prueba digital en el proceso penal ecuatoriano, desafíos constitucionales, técnicos y comparados frente a los estándares iberoamericanos de evidencia tecnológica. Cienc Lat Rev Cient Multidiscip. 2025;9(5):17880-900. doi:10.37811/cl_rcm.v9i6.21212
6. Navas-Abad CE, Vázquez-Martínez DS. La importancia de la prueba digital en los procedimientos penales en Ecuador. Polo Conoc. 2025;10(1):1742-75. doi:10.23857/pc.v10i1.8778
7. Herrera Zapata SM. El papel de la prueba digital en los procedimientos penales en Ecuador: marco legal, desafíos y necesidad de modernización [tesis de maestría]. Quito: Universidad Andina Simón Bolívar; 2025.
8. Asamblea Nacional del Ecuador. Código Orgánico Integral Penal. Registro Oficial Suplemento 180, 10 de febrero de 2014 (actualización 2023).
9. Constitución de la República del Ecuador. Registro Oficial 449, 20 de octubre de 2008.
10. Convención Americana sobre Derechos Humanos. Art. 8, Garantías Judiciales. San José: Organización de los Estados Americanos; 1969.
11. Corte Interamericana de Derechos Humanos. Caso Suárez Rosero Vs. Ecuador. Sentencia de fondo, 12 de noviembre de 1997.
12. Morante Mendoza LE, Safadi Mendoza JA, Gómez Rivera GP. Delitos informáticos y prueba digital en el COIP: validez, cadena de custodia y pericia forense en el Ecuador. Tesla Rev Cient. 2025;5(2):e542. doi:10.55204/trc.v5i2.e542
13. Quichimbo Román MA, Mereci Balcázar LS, Ramón Merchán ME. La admisibilidad de la prueba digital en los procesos judiciales incorporados en el Código Orgánico General de Procesos. Domin Cienc. 2024;10(3):1126-42. doi:10.23857/dc.v10i3.3972
14. Ordoñez Ordoñez LA, Vásquez Olaya AY, Campoverde Nivicela LJ. La impunidad por violentarse la cadena de custodia por parte de la Policía Nacional. Cienc Lat Rev Cient Multidiscip. 2024;8(2):1742-75. doi:10.37811/cl_rcm.v8i2.11208
15. International Organization for Standardization. ISO/IEC 27037:2012. Information technology — Security techniques — Guidelines for identification, collection, acquisition and preservation of digital evidence. Geneva: ISO; 2012.
16. International Organization for Standardization. ISO/IEC 27042:2015. Guidelines for the analysis and interpretation of digital evidence. Geneva: ISO; 2015.
17. Consejo de Europa. Convenio sobre la Ciberdelincuencia (Convenio de Budapest). Budapest: Consejo de Europa; 2001.
18. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. Rev Esp Cardiol. 2021;74(9):790-9.
19. González Reyes M. Naturaleza y valoración de la evidencia digital. Salamanca: Universidad de Salamanca; 2021.
20. López JA. Evidencia digital y su admisibilidad en los procesos penales latinoamericanos. Rev Iberoam Derecho Penal Proces. 2023;10(2):55-74.

21. López Morales ZA. Validez jurídica de la prueba digital en Guatemala. Rev Cienc Multidiscip CUNORI. 2023;7(2).
22. Porras MA. La cadena de custodia digital en el proceso penal ecuatoriano. Rev Ecuat Cienc Juríd. 2023;12(3):87-105.
23. Yepes J, Cárdenas S, Gómez D. La evidencia digital en los procesos judiciales colombianos: un análisis forense comparado. Rev Derecho Proces Comp. 2022;8(1):33-49.
24. Espinoza EE. Análisis de técnicas y herramientas forenses para la investigación de delitos informáticos en Ecuador. Rev Cient. 2024;8(2):101-15.
25. Mendoza M. Interpretación y desafíos de la evidencia digital en la investigación criminal. Código Cient Rev Investig. 2024;5(3):480-98. doi:10.55813/gaea/ccri/v5/nE3/328
26. San Martín Andrade MA, Bravo Moreno SR, Garza Lomas CD. Desafíos de la evidencia digital en la protección de datos personales: la cadena de custodia. Rev Lechuzas. 2026;2(4):1-14.
27. Espinales J. Análisis del derecho procesal y los entornos jurídicos. Rev Cient Arbit Investig Comun Mark Empresa REICOMUNICAR. 2023;6(12):89-97.
28. Riofrío García IA, Ruiz K, Lema P. La prueba electrónica en los procesos penales en Ecuador en concordancia con celeridad y economía procesal. Serie Cient UCI. 2025;18(2):49-62.
29. Imaicela Revilla JA, Alvarado Ajila LA. La incorporación de la prueba digital en el derecho procesal ecuatoriano. Rev Lex. 2024;7(27):1338-50. doi:10.33996/revistalex.v7i27.247
30. Valdés R. La excepcional limitación al derecho fundamental a la intimidad: una reflexión sobre la prueba ilícita y su uso a conveniencia. Rev Derecho Debates Pers. 2023.
31. Jiménez Guartán FA. La prueba digital y su valoración en el proceso penal ecuatoriano frente a las garantías constitucionales. Polo Conoc. 2026;11(1):1-18.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262

DOI: https://doi.org/10.56519/g661b453
Agosto 2026

APLICACIÓN DE *Saccharomyces cerevisiae* Y EXTRACTOS FRUTALES EN LA POSCOSECHA DEL CACAO (*Theobroma Cacao* L.) COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL GRANO Y EL PERFIL SENSORIAL DE LA PASTA DE CACAO

APPLICATION OF *Saccharomyces cerevisiae* AND FRUIT EXTRACTS IN THE POST-HARVEST OF COCOA (*Theobroma Cacao* L.) AS A STRATEGY TO IMPROVE BEAN QUALITY AND THE SENSORY PROFILE OF COCOA PASTE

Luis Humberto Vásquez Cortez[1], Sanyi Lorena Rodríguez Cevallos[2], José Francisco Falconi Novillo[3]

{lvasquezc8@unemi.edu.ec[1], srodriguezc17@unemi.edu.ec[2], jfalconin@unemi.edu.ec[3]}

Fecha de recepción: 02/07/2026 / Fecha de aceptación: 15/08/2026 / Fecha de publicación: 25/08/2026

RESUMEN: La fermentación constituye una etapa determinante para el desarrollo de la calidad del cacao, por lo que el empleo de cultivos iniciadores y matrices frutales representa una alternativa para mejorar el control del proceso postcosecha. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de *Saccharomyces cerevisiae* y extractos frutales durante la fermentación del cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre la calidad fisicoquímica, fermentativa y sensorial del grano y de la pasta obtenida. Se evaluaron nueve tratamientos resultantes de la combinación de tres niveles de *S.c erevisiea* (0, 0,05 y 1 %) y tres conficiones de extracto (sin extracto, papaya y guanabana). La fermentación se desarrolló durante cinco días en cajas de microfermentación tipo Rohan, con seguimiento de temperatura, pH y sólidos solubles. Posteriormente, se determinaron las características físicas y la calidad fermentativo y de calidad. La combinación de una cantidad del 1 % de *S. cerevisiae* combinado con el extracto de papaya alcanzó un valor de 92 % de granos fermentados; 7 % de granos violetas y 6,13 % de humedad, lo cual favoreció el comportamiento tecnológico más correcto entre los tratamientos propuestos. Asimismo, el tipo de extracto ejerció un efecto significativo sobre el pH, acidez, humedad y cenizas de la pasta, y la modalidad de los tratamientos generó diferentes perfiles sensoriales como resultado de los mismos. Por tanto, se llega a la conclusión de que *S. cerevisiae* y los extractos de fruta pueden ser usados para modular la fermentación y las características de calidad del cacao, destacando el extracto de papaya como el más

[1]Universidad Estatal de Milagro, Facultad de Posgrado, Escuela de Ingeniería, Maestría en Ciencias y Tecnología de los alimentos, https://orcid.org/0000-0003-1850-0217

[2]Universidad Estatal de Milagro, Facultad de Posgrado, Escuela de Ingeniería, Maestría en Ciencias y Tecnología de los alimentos, https://orcid.org/0009-0003-4684-9587

[3]Universidad Estatal de Milagro, Facultad de Posgrado, Escuela de Ingeniería, Maestría en Ciencias y Tecnología de los alimentos, https://orcid.org/0000-0003-2623-115X

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

interesante debido a su capacidad para regular las fermentaciones y las condiciones postcosecha.

Palabras clave: Saccharomyces cerevisiae; Theobroma cacao; fermentación; extractos frutales; calidad postcosecha; análisis sensorial.

ABSTRACT: Fermentation is a critical stage in the development of cocoa quality; therefore, the use of starter cultures and fruit-based matrices represents an alternative approach to improve the control of postharvest processing. This study aimed to evaluate the effect of *Saccharomyces cerevisiae* and fruit extracts during cocoa (*Theobroma cacao* L.) fermentation on the physicochemical, fermentative, and sensory quality of the beans and the resulting cocoa paste. Nine treatments were evaluated, resulting from the combination of three levels of *S. cerevisiae* (0, 0.5, and 1%) and three extract conditions (no extract, papaya, and soursop). Fermentation was conducted for five days in Rohan-type microfermentation boxes, with temperature, pH, and total soluble solids monitored throughout the process. Subsequently, the physical characteristics and fermentative quality of the beans, the physicochemical properties of the cocoa paste, and its sensory profile were evaluated. The combination of 1% S. cerevisiae mixed with papaya extract resulted in 92% fermented grains, 7% violet grains, and 6.13% moisture content, which yielded the best technological performance among the proposed treatments. Likewise, the type of extract had a significant effect on the paste's pH, acidity, moisture content, and ash content, and the treatment conditions resulted in different sensory profiles. Therefore, it is concluded that S. cerevisiae and fruit extracts can be used to modulate fermentation and the quality characteristics of cocoa, with papaya extract standing out as the most promising due to its ability to regulate fermentation and post-harvest conditions.

Keywords: Saccharomyces cerevisiae; Theobroma cacao; fermentation; fruit extracts; postharvest quality; sensory analysis

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) constituye uno de los cultivos tropicales de mayor importancia económica, social y ambiental a nivel mundial, debido a que representa el sustento de millones de pequeños productores y abastece a una industria chocolatera cuya demanda continúa incrementándose, especialmente en el segmento de chocolates finos y de origen (1). En este contexto, la calidad del cacao ha adquirido una relevancia estratégica, ya que determina la competitividad del producto en mercados especializados y el valor agregado de la cadena agroindustrial (2). Diversos estudios coinciden en que la calidad final del cacao no depende únicamente del material genético o de las condiciones de cultivo, sino también del adecuado manejo de las operaciones de poscosecha, siendo la fermentación el proceso de mayor influencia sobre el desarrollo de las características fisicoquímicas, bioquímicas y sensoriales del grano (3). Durante esta etapa se generan los principales precursores del aroma y sabor que posteriormente se desarrollan durante el tostado mediante las reacciones de Maillard, determinando atributos como el aroma, el sabor, el color y la calidad del chocolate (4).

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

La fermentación del cacao corresponde a un ecosistema microbiológico altamente dinámico en el que participan, de manera secuencial, levaduras, bacterias ácido lácticas y bacterias ácido acéticas (5). Durante las primeras 24 a 48 horas predominan las levaduras debido a la elevada disponibilidad de azúcares presentes en el mucílago y a las condiciones iniciales de baja disponibilidad de oxígeno (6). Posteriormente, la producción de etanol y el incremento de la aireación favorecen el establecimiento de bacterias ácido acéticas, responsables de la oxidación del etanol a ácido acético y del aumento de la temperatura de la masa fermentativa hasta valores cercanos a 45–50 °C. Estos cambios llevan a la muerte del embrión y provocan una serie de reacciones enzimáticas que favorecen la hidrólisis de proteínas, carbohidratos y polifenoles en aminoácidos libres, péptidos y azúcares reductores que son los precursores principales del perfil aromático del chocolate (7).

No obstante, en la mayoría de los países productores la fermentación continúa realizándose mediante métodos tradicionales y espontáneos, cuya eficiencia depende del microbiota nativo, de las condiciones ambientales y del manejo aplicado por los productores (8). Esta elevada variabilidad genera diferencias significativas en la dinámica fermentativa y en la calidad fisicoquímica y sensorial de las almendras, limitando la estandarización del proceso y la obtención de granos con características homogéneas (9). En respuesta a esta problemática, durante los últimos años la fermentación dirigida mediante cultivos iniciadores ha adquirido un creciente interés como estrategia biotecnológica para controlar la sucesión microbiana, optimizar la formación de compuestos aromáticos y mejorar la calidad del cacao fermentado (10) (11).

En respuesta a la necesidad de incrementar la reproducibilidad de la fermentación y mejorar la calidad del cacao, la utilización de cultivos iniciadores ha adquirido un papel relevante dentro de las estrategias biotecnológicas aplicadas a la poscosecha (12). Entre los microorganismos evaluados, *Saccharomyces cerevisiae* ha demostrado un elevado potencial debido a su rápida adaptación a las condiciones del mucílago, su eficiente metabolismo de azúcares y su capacidad para producir etanol, alcoholes superiores, ésteres y otros compuestos volátiles que participan directamente en la formación del perfil aromático del cacao (13). Además de favorecer la fermentación alcohólica, esta levadura presenta actividad pectinolítica que contribuye a la degradación del mucílago, facilitando la aireación de la masa fermentativa y promoviendo el establecimiento de bacterias ácido acéticas, responsables de la producción de ácido acético y del incremento de la temperatura necesaria para inducir las transformaciones bioquímicas internas de la almendra (14).

Simultáneamente, la búsqueda de alternativas sostenibles para mejorar la fermentación ha propiciado el estudio de matrices vegetales que presenten un alto contenido de nutrientes con propiedades que son capaces de estimular el metabolismo microbiano. En este contexto, los extractos de frutas tropicales representan una alternativa prometedora debido a su contenido de azúcares fermentables, vitaminas, minerales, ácidos orgánicos y compuestos bioactivos, los cuales podrían favorecer el crecimiento de microorganismos beneficiosos y modificar las condiciones fisicoquímicas del proceso fermentativo (4) (12). Entre estas frutas, la papaya (*Carica papaya* L.) destaca por su

elevado contenido de glucosa, fructosa y sacarosa, además de la presencia de papaína, una enzima proteolítica ampliamente reconocida por su capacidad para hidrolizar proteínas y generar péptidos y aminoácidos que potencialmente pueden incrementar la disponibilidad de precursores aromáticos durante el procesamiento del cacao (15) (16). Por otro lado, la guanábana (*Annona muricata* L.) contiene carbohidratos, vitamina C, ácidos orgánicos y compuestos fenólicos con actividad antioxidante, características que podrían contribuir a mantener un ambiente favorable para el desarrollo del microbiota fermentativo y favorecer la estabilidad del proceso.

A pesar del creciente interés por la fermentación dirigida del cacao, la mayor parte de las investigaciones se ha concentrado en la selección y evaluación de cultivos iniciadores, particularmente levaduras y bacterias ácido lácticas o ácido acéticas, mientras que la incorporación de extractos frutales como fuentes naturales de nutrientes durante la fermentación ha sido escasamente estudiada (5) (12). Desde la revisión de la literatura científica reciente, no se han llevado a cabo trabajos que hayan evaluado el efecto combinado de *Saccharomyces cerevisiae* con extractos de papaya y guanábana en la fermentación poscosecha del cacao, lo que pone de manifiesto un vacío de conocimiento y el desarrollo de biotecnologías innovadoras que persigan la mejora de la calidad fisicoquímica y del perfil sensorial del cacao y sus derivados.

El desarrollo de estrategias biotecnológicas orientadas a optimizar la fermentación del cacao representa una oportunidad para incrementar la calidad del grano y fortalecer la competitividad de la cadena agroindustrial, especialmente en países productores donde predominan sistemas tradicionales de poscosecha (17). La aplicación de cultivos iniciadores en combinación con fuentes naturales de nutrientes constituye un enfoque innovador que podría favorecer la estabilidad microbiológica del proceso, promover una fermentación más uniforme y mejorar la formación de compuestos precursores del aroma (18) (19). Asimismo, el aprovechamiento de frutas tropicales como la papaya y la guanábana se enmarca dentro de los principios de la bioeconomía y la economía circular, al incentivar el uso sostenible de recursos vegetales disponibles localmente con potencial para generar valor agregado en la producción cacaotera.

Desde el punto de vista científico, la combinación de *Saccharomyces cerevisiae* con extractos de papaya (*Carica papaya* L.) y guanábana (*Annona muricata* L.) plantea una estrategia novedosa sustentada en la posible interacción sinérgica entre un cultivo iniciador altamente eficiente y matrices naturales ricas en azúcares fermentables, vitaminas, minerales y compuestos bioactivos. Se plantea que estos extractos podrían favorecer el establecimiento y la actividad metabólica de la levadura durante las etapas iniciales de la fermentación, promoviendo una mayor producción de etanol, facilitando la posterior actividad de las bacterias ácido-acéticas y favoreciendo las transformaciones bioquímicas responsables de la formación de aminoácidos, péptidos y azúcares reductores, considerados los principales precursores del aroma y sabor del chocolate (20). Sin embargo, la evidencia científica existente sobre esta combinación sigue siendo escasa, por lo que tiene sentido generar información experimental que permita establecer su efecto sobre la calidad fisicoquímica, fermentativa y sensorial del cacao.

La investigación que se presenta a continuación se realizó con el fin de ofrecer evidencias científicas sobre una nueva estrategia biotecnológica para la mejora de la

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

postcosecha del cacao, lo cual ha contribuido, de esta manera, a los avances en la mejora de procesos de fermentación que sean más eficientes, sostenibles y reproducibles. Los resultados obtenidos podrán servir como base para futuras investigaciones orientadas a la optimización de la fermentación mediante el uso de cultivos iniciadores y recursos naturales, así como para el diseño de tecnologías aplicables a la industria cacaotera y a los productores que buscan incrementar la calidad y el valor agregado de sus productos. En consecuencia, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de *Saccharomyces cerevisiae* y extractos frutales durante la fermentación poscosecha del cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre la calidad fisicoquímica, fermentativa y sensorial del grano, así como sobre el perfil sensorial de la pasta de cacao obtenida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

Las mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.) utilizadas en la presente investigación, así como las frutas destinadas a la elaboración de los extractos, correspondientes a papaya (*Carica papaya* L.) y guanábana (*Annona muricata* L.), fueron recolectadas en el recinto El Naranjo, sector Bajo Perdido, cantón Mocache, provincia de Los Ríos, Ecuador (1°11’30.7” S; 79°35’43.6” O). Tanto las mazorcas como las frutas fueron seleccionadas en estado óptimo de madurez fisiológica, libres de daños mecánicos, enfermedades, ataques de insectos y otras alteraciones que pudieran afectar la calidad de la materia prima o el desarrollo del proceso experimental.

La fermentación poscosecha de las almendras de cacao se realizó conforme al diseño experimental establecido, mientras que la elaboración de la pasta de cacao se llevó a cabo en la Planta de Bromatología de Agroindustria de la Universidad Técnica de Babahoyo (UTB). Posteriormente, las determinaciones fisicoquímicas de las almendras fermentadas y de la pasta de cacao, incluyendo pH, acidez titulable (%), humedad (%) y cenizas (%), se realizaron en el Laboratorio de Agroindustria de la Universidad Técnica de Babahoyo, utilizando metodologías analíticas estandarizadas para el análisis de productos derivados del cacao.

Diseño experimental

La investigación se llevó a cabo mediante un enfoque experimental orientado a determinar el efecto de la incorporación de *Saccharomyces cerevisiae* y extractos frutales sobre la fermentación poscosecha del cacao (*Theobroma cacao* L.). El estudio contempló la manipularon controlada de las variables independientes con el propósito de establecer su influencia sobre la dinámica fermentativa, las propiedades fisicoquímicas y fermentativas de las almendras, y la calidad de la pasta de cacao obtenida al finalizar el proceso de la pasta de cacao obtenida.

Los ensayos experimentales se realizaron en condiciones controladas en la Planta de Bromatología de Agroindustria, donde las condiciones de trabajo fueron estandarizadas para asegurar la uniformidad del proceso experimental, favorecer la reproducibilidad de los resultados y minimizar la influencia de factores externos. Como materia prima se

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

utilizaron almendras frescas de cacao obtenidas a partir de mazorcas cosechadas en estado óptimo de madurez fisiológica, libres de daños mecánicos, enfermedades, ataques de insectos y otros defectos que pudieran comprometer el desarrollo normal de la fermentación.

El experimento se estableció mediante un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 3 × 3. El primer factor correspondió a la concentración de *Saccharomyces cerevisiae* aplicada durante la fermentación (0, 0,5% "5 g" y 1,0% "10 g"), mientras que el segundo factor estuvo representado por el tipo de extracto frutal (sin extracto, extracto de papaya (*Carica papaya* L.) y extracto de guanábana (*Annona muricata* L.). La combinación de ambos factores dio lugar a nueve tratamientos experimentales, cada uno con tres repeticiones, conformando un total de 27 unidades experimentales. La asignación de los tratamientos se realizó de forma completamente aleatoria, como se observa en la Tabla 1.

Durante la fermentación se monitorearon continuamente las principales variables del proceso, incluyendo la temperatura interna de la masa fermentativa, el pH y los sólidos solubles totales (°Brix), utilizando equipos previamente calibrados. La fermentación se desarrolló bajo las condiciones ambientales propias de la zona de estudio, con temperaturas comprendidas entre 25 y 30 °C y humedad relativa característica del clima tropical húmedo.

La recolección de datos se efectuó de forma longitudinal durante todo el proceso fermentativo, mediante el seguimiento periódico de las variables fisicoquímicas y fermentativas. Una vez finalizada la fermentación y elaborado el producto, se realizó una evaluación transversal para determinar el grado de fermentación de las almendras y las características sensoriales de la pasta de cacao, permitiendo comparar la respuesta de los diferentes tratamientos experimentales.

Tabla 1. Esquema de Factores de Estudio.

Factor A *Saccharomyces cerevisiae* **(gr)**	**Factor B (Extracto de fruta)**
0%	Sin extracto de fruta
0.5%	Papaya (*Carica papaya* L.)
1%	Guanábana (*Annona muricata* L.).

ANOVA

En la tabla número 2 se puede encontrar el ANOVA, donde se encuentran los tratamientos, los factores medidos y las interacciones, el cual ofrece una base estadística para interpretar los efectos principales y los efectos combinados del modelo experimental.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

Tabla 2. Esquema del análisis de varianza (ANOVA).

Variación de la fuente (VS)		Grados de libertad (GdL)
Tratamiento	axb-1	8[#]
Repeticiones	r-1	2
Factor *Saccharomyces cerevisiae*	(LE-1)	2
Factor Extracto	(Ex-1)	2
Levadura x Factor Extracto	(LE-1)(EX-1)	4
Error Experimental	(LE x EX) (r-1)	18
Total	LE x EX r-1	27

Arreglo de tratamientos

La tabla 3 presenta la organización de los 9 tratamientos establecidos en el diseño experimental, cada uno identificado mediante un código especificó de acuerdo con los factores considerados en el estudio. Esta nomenclatura permitió diferenciar claramente las combinaciones evaluadas, mantener un adecuado control de las muestras durante la fermentación y simplificar el registro de la información. Asimismo, constribuyó a relacionar de manera confiable cada unidad experimental con los datos generados, favoreciendo la posterior interpretación y comparación de los resultados.

Tabla 3. Códigos de tratamiento y variables del estudio.

N°	Código	*Saccharomyces cerevisiae*	Extracto de Fruta
1	Sc0Ex0	0	Sin extracto de fruta
2	Sc0Ex1	0	Papaya
3	Sc0Ex2	0	Guanábana
4	Sc1Ex0	0.5	Sin extracto de fruta
5	Sc1Ex1	0.5	Papaya
6	Sc1Ex2	0.5	Guanábana
7	Sc2Ex0	1	Sin extracto de fruta

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

8	Sc2Ex1	1	Papaya
9	Sc2Ex2	1	Guanábana

Proceso de fermentación

La fermentación fue efectuada en cajas de madera de microfermentación tipo Rohan (100 x 100 x 15 cm) que se asignaron a la realización de los factores experimentales de estudio; cada caja tenía 27 compartimentos (1 kg por unidad), los cuales fueron utilizados como unidades experimentales (21). Los granos de cacao, antes de la fermentación, fueron inoculados con *Saccharomyces cerevisiae* y luego se les agregaron extractos de frutas dentro de fundas de polipropileno de baja densidad durante 24 horas. A continuación, se retiraron las fundas y la fermentación se llevó a cabo bajo condiciones aeróbicas durante cinco días. Se realizó un volteo manual a diario para garantizar la homogeneización de la masa y la oxigenación de esta. Los parámetros fisicoquímicos de control (temperatura, pH y sólidos solubles) fueron controlados a diario. En total, se procesaron 27 kg de granos de cacao frescos. La cantidad de granos perecederos fue similar para ambas variedades (22).

Inóculos *(Saccharomyces cerevisiae)*

La fermentación del cacao se realizó mediante la aplicación de levadura seca activa de *Saccharomyces cerevisiae* como cultivo iniciador. Se evaluaron tres niveles de aplicación: (Tratamiento control) 0%, 0,5 % (5 g) y 1 % (10 g) por unidad experimental, correspondiente a 1000 g de granos frescos de cacao, de acuerdo con el diseño experimental establecido (12).

Previo a la inoculación, la levadura seca activa fue rehidratada en 50 mL de agua destilada estéril, previamente acondicionada a una temperatura de 35 – 38 °C, durante 10 minutos. Posteriormente, la suspensión obtenida se incorporó de manera uniforme sobre la masa fresca de cacao y se mezcló manualmente hasta lograr una distribución homogénea del inóculo en toda la masa fermentativa (17).

Preparación de extractos de fruta diluidas

Los extractos diluidos de papaya (*Carica papaya* L.) y guanábana (*Annona muricata* L.) se prepararon siguiendo el procedimiento experimental descrito en el diagrama de flujo correspondiente (Figura 1), con modificaciones adaptadas a las características de cada fruta. Para garantizar la uniformidad de los tratamientos, se utilizaron frutos en estado óptimo de madurez fisiológica, libres de daños mecánicos, pudriciones, contaminación microbiológica y alteraciones visibles que pudieran afectar la composición del extracto o el desarrollo de la fermentación.

Previamente a la obtención de los extractos, las frutas fueron lavadas con agua potable para eliminar impurezas superficiales y posteriormente desinfectadas mediante inmersión en una solución de hipoclorito de sodio a 100 mg L^{-1} durante 2 min. Luego, se enjuagaron con agua destilada estéril y se dejaron escurrir a temperatura ambiente.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

En el caso de la papaya (*Carica papaya* L.), se retiró manualmente la cáscara y las semillas, obteniéndose únicamente la pulpa comestible. Posteriormente, se pesaron 150 g de pulpa fresca y se mezclaron con 200 mL de agua destilada estéril. La mezcla fue homogeneizada durante 2 min utilizando una licuadora de laboratorio hasta obtener un extracto uniforme (11).

Para la guanábana (*Annona muricata* L.), se retiraron la cáscara y las semillas, conservando únicamente la pulpa. De manera similar, se pesaron 150 g de pulpa fresca, los cuales se mezclaron con 200 mL de agua destilada estéril y se homogeneizaron durante 2 min empleando una licuadora de laboratorio, obteniéndose un extracto homogéneo.

Los extractos de ambas frutas presentaron una masa final aproximada de 350 g, correspondiente a una concentración de fruta del 42,86 % (p/p), calculada mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de fruta} = \frac{\text{Pulpa (g)}}{\text{Pulpa (g)} + \text{Agua (mL)}} \text{x}100$$



Figura 1. Diagrama del proceso de obtención de extractos de fruta diluidos.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

Variables fisicoquímicas de los granos de cacao fermentados y secos

Análisis de pH

La determinación del pH se realizó mediante un protocolo estandarizado. Se pesaron 10 g de granos de cacao finalmente molidos, los cuales se homogenizaron con 10 mL de agua destilada previamente calentada a 40 °C. La mezcla se preparó en recipientes de vidrio y se dejó estabilizar antes de la medición. El pH se determinó con un medidor digital (Thermo Orion Waterproof, EE.UU.), con soluciones tampón de pH 4,0 y 7,0, de acuerdo a las instrucciones del fabricante. La determinación se llevó a cabo por duplicado para cada tratamiento (11).

Determinación de sólidos solubles totales (°Brix)

El contenido de sólidos solubles totales (°Brix) se determinó mediante reflectometría digital. Para ello, se seleccionaron aleatoriamente 10 g de granos de cacao, los cuales se molieron finalmente y se homogenizaron con 10 mL de agua destilada previamente calentada a temperatura tibia. Posteriormente, la suspensión se filtró para obtener un extracto libre de partículas, el cual se empleó para el análisis. Las determinaciones se llevaron a cabo utilizando un refractómetro digital (OPTI + 38-A2, Brix 0-95; Bellingham and Stanley, Reino Unido). El mismo se calibró previamente para agua destilada (0,00 °Brix) siguiendo las directrices del fabricante antes de cada medición. Se colocaron 1-3 gotas de extracto sobre la superficie del prisma para cada muestra, y las lecturas se realizaron por triplicado (23).

Determinación de la temperatura

La temperatura de la masa fermentativa se registró durante todo el proceso mediante un termómetro digital previamente calibrado. El seguimiento continuo de esta variable permitió evaluar la evolución de la fermentación y verificar que los valores alcanzados se encontraran dentro del intervalo de 45-50 °C, considerando adecuado para favorecer la actividad de los microorganismos fermentativos. Temperaturas superiores a este rango pueden acelerar el proceso y afectar la calidad de las almendras, mientras que valores inferiores pueden disminuir la actividad microbiana y retrasar el desarrollo de la fermentación (4).

Secado de los granos de cacao

Al término del proceso fermentativo, las almendras de cacao se secaron mediante exposición directa a la radiación solar sobre plataformas de madera, evitando el contacto con superficies susceptibles de generar contaminación. El secado constituye una etapa crítica del beneficio postcosecha, ya que permiten reducir la humedad, detener la actividad microbiana residual y consolidar las transformaciones bioquímicas asociadas al desarrollo del perfil sensorial y consolidar las transformaciones bioquímicas asociadas al desarrollo del perfil sensorial del cacao. El proceso se llevó a cabo durante el periodo aproximado de 7 a 8 días, hasta alcanzar un contenido de humedad entre 6 y 7 %, valor recomendado para garantizar la conservación y la calidad tecnológica del producto (24).

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

Almacenamiento de granos de granos de cacao

Tras finalizar el secado, las almendras de cacao se almacenaron em bolsas de papel, un material que facilita el intercambio de aire y reduce el riesgo de condensación de humedad durante el periodo de conservación. Estas condiciones permitieron preservar la calidad de las muestras y mantener las características fisicoquímicas y sensoriales adquiridas durante el proceso de fermentación y el secado hasta le ejecución de los análisis experimentales (25).

Variables fisicoquímicas de los granos de cacao

Índice de mazorca

Esta variable corresponde al número de frutos requeridos para obtener 1 kg de cacao seco (20 mazorcas). El cálculo fue obtenido a partir de la ecuación que relaciona el peso de las mazorcas con el rendimiento en cacao seco con la que podemos estimar la eficacia del proceso de producción y la calidad del cacao a partir de los tratamientos aplicados. Este parámetro es clave para determinar la productividad de las fincas y la sostenibilidad del cultivo (12).

Ecuación 1. Índice mazorcas

$$IM = \frac{Numero\ de\ mazorcas}{peso\ en\ gramos\ de\ las\ almendras\ secas} * 1000$$

Índices de semillas

Antes de la prueba de corte, el índice de semillas (IS) se determinó pesando 100 granos de cacao previamente fermentados y secados utilizando una balanza analítica de alta precisión (Mx Analytical Balance, Mettler Toledo, EE.UU.) calculando el peso promedio por grano utilizando la fórmula (12).

Ecuación 2. Índice de semilla

$$IS = \frac{Peso\ en\ gramos\ de\ 100\ almendras\ de\ cacao\ fermentadas\ y\ secas}{100}$$

Prueba de testa y cotiledón

Las proporciones de cáscara y cotiledón se determinaron utilizando una muestra de 30 g de granos de cacao fermentados y secos, pesados en una balanza analítica de precisión y calculados de acuerdo con la fórmula (12).

Ecuación 3. % de testa y cotiledón

$$\%\ de\ testa = \frac{(Peso\ de\ la\ testa)}{Peso\ de\ 30\ gramos\ de\ cacao} * 100$$

La prueba de corte se realizó en 100 granos de cacao seleccionados al azar para evaluar la calidad de la fermentación. Los granos se seleccionaron longitudinalmente utilizando

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

un estilete y se clasificaron como bien fermentados, moderadamente fermentados, violetas, pizarra o mohosos, siguiendo las pautas estándar.

Determinación de la cantidad de granos de cacao en 100 g

El número de granos de caca por 100 g se determinó seleccionando aleatoriamente una muestra representativa y contando el número de granos necesarios para completar 100 g (12).

Humedad

La humedad de los granos de cacao se determinó una vez realizada la fermentación y el secado. Esta variable es determinante para el almacenamiento y la calidad comercial, encontrándose dentro del rango óptimo de 6 a 7 %. Ningún porcentaje inferior de este parámetro, que se considera óptimo, es económico para la industria del cacao, ya que influye en el precio y en las propiedades de procesamiento. La medición se realizó con un medidor de humedad (AQUA BOY III, Reino Unido), específico para granos, colocando la muestra encima del sensor del aparato se realiza la lectura (26).

Procesamiento de obtención de pasta de cacao 100%

La figura 2 es un diagrama de flujo que representa el procedimiento para la obtención de pasta 100% de cacao. A continuación, se describen las particularidades de cada una de las fases.



Figura 2. Diagrama del proceso de obtención de pasta de cacao al 100%.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

Selección y clasificación: La materia prima de cacao fue clasificada mediante una exhaustiva inspección manual, eliminando cualquier contaminante o cuerpo extraño adherido a los granos. Este proceso garantiza la pureza de los granos utilizados.

Tostado: Los granos se sometieron a un proceso de tostado con la ayuda de una olla de barro en condiciones controladas a una temperatura media 120 °C durante 18 a 25 minutos, lo que garantiza una distribución uniforme del calor para evitar quemaduras y facilitar la eliminación de la humedad residual.

Descascarillado: Se realizó un proceso manual de descascarillado de las habas que posibilitó separar las cascaras de los cotiledones. Las habas descascarilladas se preservaron en papel para evitar su contaminación y su alteración.

Molienda: La molienda de los cotiledones se llevó a cabo con un molino manual tradicional. Mediante esta fase, se alcanzó el tamaño de partículas pretendido para facilitar el refinado posterior y asegurar una textura homogénea de la pasta de cacao.

Refinación: El proceso de refinado se llevó a cabo usando una refinadora de cacao de tipo melanger (Spectra 11 Stone Melanger, Spectra, Coimbatore, India) para un tamaño de partícula inferior a 40 µm, garantizando así una textura homogénea sin la existencia de gránulos que pudiesen prolongarse en las superficies del paladar. Esta fase es clave para optimizar las características organolépticas del producto a obtener.

Conchado de la pasta de cacao: La masa de cacao refinada se introdujo en una máquina conchadora de 5 kg, durante la que la muestra se introducía lentamente a la máquina de forma tal que la máquina recogiese toda la materia prima adherida a sus paredes, logrando así una emulsión uniforme de la pasta de cacao, el control de temperatura y la agitación robustecieron notablemente la emulsión y su homogeneidad de la masa de cacao. Este proceso se extendió durante 48 h para cada uno de los tratamientos y la masa de cacao producida tuvo un desarrollo marcador de un perfil sensorial destacado.

Templado: Una vez terminado el proceso de refinado, la pasta de caco fue sometida al proceso de templado donde luego de calentarla debe bajarse poco a poco su temperatura. Posteriormente, la pasta de cacao se extrajo de los moldes previamente esterilizados y se dejó reposar hasta que adquirió la consistencia deseada.

Envasado y almacenamiento: Posteriormente, la pasta de cacao se envasó en papel tipo aluminio con códigos únicos para su trazabilidad, además de ser almacenada a 4 °C, lo que disminuye el riesgo de contaminación cruzada y además mantiene sus propiedades fisicoquímicas u organolépticas.

Análisis fisicoquímico de la pasta de cacao

Determinación del pH de la pasta de cacao

El pH de la pasta de cacao se determinó mediante un procesamiento estandarizado. Una muestra de cacao previamente homogenizada (aproximadamente 10 g) se dispersó en 10 mL de agua destilada de grado analítico para obtener una suspensión uniforme adecuada para matrices semisólidas. La mezcla se dejó equilibrar antes de la medición.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

El pH se midió por duplicado utilizando un potenciómetro digital (medidor de pH) equipado con un electrodo de vidrio (Thermo Orion, Waterproof, Beverly, EE.UU.), previamente calibrado con soluciones tampón estándar (pH 4,0 y 7,0; Merck, Darmstadt, Alemania) según las instrucciones del fabricante (12).

Determinación de la acidez titulables y la acidez total en la pasta de cacao.

La acidez titulable se determinó mediante titulación ácido base utilizando una muestra de pasta de cacao previamente homogenizada. Se pesaron aproximadamente 10 g de muestra, la que fue transferida a un matraz tipo Erlenmeyer de 250 mL, realizando la adición de 250 mL de agua destilada (grado analítico, Merck, Darmstadt, Alemania). La mezcla se sometió a agitación constante utilizando un agitador magnético para asegurar una dispersión completa. Posteriormente, se tituló con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N, añadida gradualmente hasta alcanzar un pH final de 8,3 considerando el punto final de la titulación para este tipo de matriz. Se registró el volumen de NaOH consumido y la acidez titulable se calculó utilizando la fórmula (4), expresando los resultados como porcentajes de acidez (22).

Ecuación 4. Acidez titulable y acidez total

$$\%\ Acidez = \frac{V1\ x\ N1\ x\ M\ x\ 100}{V2}$$

Donde:
V1= Volumen de NaOH utilizando en la titulación (mL);
N1= Normalidad de la solución de NaOH;
M= Peso molecular del ácido considerado como referencia (g mol^{-1});
V2= Volumen de la muestra tomada para análisis (mL).

Determinación de la humedad en la pasta de cacao

Las muestras se presentaron en crisoles de porcelanas en un horno durante unos 30 min y luego se enfriaron a temperatura ambiente, registrándose su peso con una balanza analítica de precisión. A continuación, se tomaron 2 g de pasta de cacao previamente homogenizada de los crisoles y se secaron en un horno a 130 °C durante 2 horas. Transcurridas las dos horas, los crisoles pasaron a un desecador y se dejaron enfriar durante unos 30 min, determinándose su peso (22). Finalmente, se determinó la humedad de la pasta de cacao mediante la fórmula 5.

$$\%\ Humedad = \frac{M2 - M3}{M2 - M1}\ X\ 100$$

Donde:
M1= Masa del crisol vacío (g);
M2= Masa del crisol más la muestra (g);
M3= Masa del crisol con cenizas (g)

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

Determinación de cenizas en pasta de cacao

Aproximadamente 2 g de pasta de cacao homogéneas se tomaron de crisoles de porcelana pretratados (como se describe en la sección "Determinación de la humedad en la pasta de cacao" y se calentaron en un horno de mufla a 600 ± 20 °C durante 3 horas. El peso del crisol se determinó antes y después de calentamiento, como se describe en la sección anterior (22). A partir de los pesos obtenidos, el contenido de cenizas se determinó aplicando la fórmula.

$$\% \, Cenizas = \frac{M3 - M1}{M2 - M1} \, X \, 100$$

Donde:
M1= Masa del crisol vació (g);
M2= Masa del crisol más la muestra (g);
M3= Masa del crisol con cenizas (g).

Análisis sensorial

En el análisis sensorial llevamos a cabo un panel de cata semientrenado el que estuvo conformado por 30 catadores, los cuales determinaron: Sabor, Olor, Textura, Amargor, Floral, Almendra. El análisis sensorial se realizó mediante una evaluación descriptiva estructurada del licor de cacao obtenida de los tratamientos experimentales. A tal fin, se utilizó una ficha sensorial con una escala hedónica ordinal de 1 a 5, donde cada uno de los valores hacía referencia a alguna categoría predefinida para cada uno de los atributos. Se tuvieron en consideración cinco parámetros de principal interés: Color, Aspecto, Aroma, Sabor y Regusto, cada uno sometido a un descriptor específico (22).

La escala utilizada para cada uno de los parámetros fue la siguiente:

Color: Café caramelo, 2= Marrón, 3= Nogal, 4: Algarrobo, 5= Café negro.

Aspecto: 1= Muy brillante, 2= brillante, 3= satinado, 4= opaco, 5= muy opaco.

Aroma: 1= Frutas tropical, 2= cacao, 3= frutal cítrico, 4= tostado, 5= nuez.

Sabor: 1= frutal, 2= cacao tostado, 3= afrutado seco, 4= amargo, 5= muy amargo.

Regusto: 1= Persistencia suave, 2= amargo, 3= cítricos no prolongados, 4= astringente, 5= sensación manchosa.

Las muestras se sometieron a muestreo identificándolas con códigos (T1-T9) y de esta forma mantener una degustación a ciegas para evitar sesgos perceptuales. La sesión de degustación se realizó en condiciones de iluminación neutra, en una habitación con temperatura controlada de 20 ± 2 °C y sin interferencias visuales u olfativas. Cada muestra se sirvió en recipientes codificados y fue evaluada de forma individual e independiente.

Los datos obtenidos fueron organizados para su posterior análisis estadístico de acuerdo con el diseño experimental.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

RESULTADOS

Dinámica de la temperatura durante la fermentación del cacao

La temperatura de la masa de cacao fue progresivamente aumentando durante el tiempo de fermentación a medida que se puede observar en la Tabla 4. En el día 0 de medición de temperatura, los valores fueron homogéneos entre los tratamientos y oscilaron entre 27,45 y 27,56 °C. En esta etapa no se observaron efectos significativos de *Saccharomyces Cerevisiae* ($p = 0,8530$), del tipo de extracto frutal ($p = 0,4623$) ni de la interacción entre ambos factores ($p = 0,9990$).

A partir del día 1 se evidenció una diferenciación en la respuesta térmica. Tanto *S. cerevisiae* como el tipo de extracto frutal ejercieron efectos significativos sobre la temperatura ($p < 0,0001$), comportamiento que se mantuvo hasta el día 4. Durante este periodo, la temperatura aumentó desde un intervalo de 31,48-34,07 °C en el día 1 hasta 43,20-47,01 °C al final de la evaluación. Entre las combinaciones experimentales, el tratamiento con 1 % de *S. cerevisiae* y extracto de papaya registró consistentemente los valores numéricamente más alto desde el día 1, con temperaturas de 34,07; 40,64; 44,92 y 47,01 °C en los días 1, 2, 3 y 4, respectivamente. No obstante, el tratamiento sin *S. cerevisiae* y sin extracto presentó los menores registro durante el mismo periodo, con 31,48; 36,70; 40,77 y 43,20 °C.

A pesar de las diferencias observadas para los efectos principales, la interacción *S. cerevisiae* x extracto no resultó significativa en ningún de los días evaluados ($p= 0,9990$; 0,6319; 0,1536 y 0,2853 para los días 0, 1, 2, 3 y 4). Este comportamiento indica que, bajo las condiciones experimentales evaluadas, no se detectó evidencia estadística de que el efecto de *S.cerevisiae* sobre la temperatura dependiera del tipo de extracto incorporado, o viceversa. En conjunto, los resultados muestran una evolución térmica ascendente de la masa de cacao durante la fermentación y evidencia efectos significativos de los factores *S. cerevisiae* y tipo extracto frutal a partir del día 1, sin evidencia de interacción significativa entre ambos factores.

Tabla 4. Efecto de Saccharomyces cerevisiae y extractos frutales sobre la dinámica de la temperatura durante la fermentación del cacao.

Factor		Variable				
Saccharomyces Cerevisiae	**Extracto de Fruta**	**Temp-día 0**	**Temp-día 1**	**Temp-día 2**	**Temp-día 3**	**Temp-dia 4**
0	**Sin extracto de fruta**	27,47	31,48	36,70	40,77	43,20
0	**Papaya**	27,50	32,13	37,39	41,57	44,12
0	**Guanabana**	27,45	31,94	37,17	41,27	43,87

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

0,5	**Sin extracto de fruta**	27,50	32,77	38,58	42,97	45,18
0,5	**Papaya**	27,56	33,32	39,48	43,97	46,16
0,5	**Guanabana**	27,47	33,17	39,24	43,72	45,92
1	**Sin extracto de fruta**	27,47	33,65	39,92	44,32	46,35
1	**Papaya**	27,55	34,07	40,64	44,92	47,01
1	**Guanabana**	27,45	33,98	40,51	44,82	46,89
	EEM ±	0,08	0,07	0,08	0,08	0,07
	CV	0,49	0,38	0,36	0,31	0,28
Probabilidad	**Saccharomyces Cerevisiae**	0,8530	ns	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**
	Extracto	0,4623	ns	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**
	S.Cerevisiae x Extracto	0,9990	ns	0,6364	ns	0,6319	ns	0,1536	ns	0,2853	ns

Dinámica de los sólidos solubles totales durante la fermentación del cacao

Los sólidos solubles fueron los que mayor disminución progresiva han tenido durante la fermentación del cacao, tal y como se aprecia en la Tabla 5. En el día 0, los valores oscilaron entre 20,56 y 20,66 °Brix, sin diferencia atribuibles a *Saccharomyces cerevisiae* ($p = 0,9664$), al tipo de extracto frutal ($p = 0,8011$) ni a la interacción entre ambos factores ($p = 0,8815$), lo que evidencia condiciones iniciales homogéneas entre los tratamientos.

A partir del día 1 se observó una reducción general de los sólidos solubles, acompañada de un efecto significativo de *S. cerevisiea* ($p < 0,0001$). En este momento, los valores se situaron entre 18,15 y 19,40 °Brix, mientras que el efecto del extracto frutal no fue significativo ($p = 0,5641$). En el día 2, los sólidos solubles disminuyeron hasta un intervalo de 14,39 a 16,81 °Brix, registrándose efectos significativos tanto de *S. cerevisiea* ($p < 0,0001$) como del tipo de extracto ($p = 0,0004$). Este comportamiento se mantuvo durante los días 3 y 4, en los que ambos factores presentaron efectos totalmente significativos ($p < 0,0001$).

Al finalizar la evaluación, los valores oscilaron entre 7,93 u 11,78 °Brix. El tratamiento con 1 % de *S. cerevisiae* y extracto de papaya presentó el menor valor numérico el día 4 (7,93 °Brix), seguido de los tratamientos con 1 % de *S. cerevisiae* sin extracto (8,64 °Brix).

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

No obstante, el tratamiento sin *S. cerevisiae* y sin extracto conservó el mayor contenido de sólidos solubles al final del proceso (11,78 °Brix).

La interacción *S. cerevisiae* x extracto no fue significativa en ningún de los días evaluados (p = 0,8815; 0,0717; 0,1257; 0,3926 y 0,3668 para los días 0, 2, 3 y 4). Por tanto, los resultados evidencian una reducción sostenida de los sólidos solubles durante la fermentación, con efecto significativo de *S. cerevisiae* durante el día 1 y del tipo de extracto frutal a partir del día 2, sin evidencia de interacción significativa entre ambos factores.

Tabla 5. Efecto de Saccharomyces cerevisiae y extractos frutales sobre la dinámica de los sólidos solubles totales (°Brix) durante la fermentación del cacao.

Factor		Variable				
Saccharomyces Cerevisiae	**Extracto de Fruta**	**Brix-día 0**	**Brix-día 1**	**Brix-día 2**	**Brix-día 3**	**Brix-dia 4**
0	**Sin extracto de fruta**	20,60	19,24	16,81	13,92	11,78
0	**Papaya**	20,66	19,40	16,74	13,55	11,34
0	**Guanabana**	20,56	19,22	16,79	13,84	11,53
0,5	**Sin extracto de fruta**	20,63	18,76	15,69	12,39	9,84
0,5	**Papaya**	20,60	18,61	15,27	11,91	9,33
0,5	**Guanabana**	20,63	18,75	15,49	12,16	9,54
1	**Sin extracto de fruta**	20,57	18,34	14,84	11,33	8,64
1	**Papaya**	20,64	18,15	14,39	10,74	7,93
1	**Guanabana**	20,61	18,29	14,56	10,95	8,15
	EEM ±	0,07	0,07	0,08	0,08	0,07
	CV	0,58	0,63	0,85	1,06	1,29
Probabilidad	**Saccharomyces Cerevisiae**	0,9664 ns	<0,0001 **	<0,0001 **	<0,0001 **	<0,0001 **
	Extracto	0,8011 ns	0,5641 ns	0,0004 *	<0,0001 **	<0,0001 **

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

S.Cerevisiae x Extracto	0,8815	ns	0,0717	ns	0,1257	ns	0,3926	ns	0,3668	ns

Dinámica del pH durante la fermentación del cacao

El pH de la masa de cacao presentó un incremento gradual durante el periodo de fermentación se visualiza en la Tabla 6. En el día 0, los valores oscilaron entre 3,64 y 3,73. En este momento, *Saccharomyces cerevisiae* no mostró un efecto significativo sobre el pH ($p = 0,7209$), mientras que el tipo de extracto frutal presentó un efecto altamente significativo ($p < 0,0001$). La interacción *S. cerevisiae* x extracto tampoco resultó significativa ($p = 0,9131$).

A partir del día 1, el pH aumentó en todos los tratamientos y se observó un efecto significativo de *S.cerevisiea* ($p = 0,0008$), mientras que el efecto del extracto frutal permaneció altamente significativo ($p < 0,0001$). Los valores registrados en este día estuvieron comprendidos entre 3,70 y 3,83. La tendencia ascendente continuó durante los días 2 y 3, cuando el pH alcanzó intervalos de 3,82 – 4,02 y 3,97 – 4,26, respectivamente. En ambos momentos, tanto *S. cerevisiae* como el tipo de extracto presentaron efectos altamente significativos ($p < 0,0001$).

Al finalizar la evaluación, el pH alcanzó valores comprendidos entre 4,14 y 4,49. Entre las combinaciones experimentales, el tratamiento con 1 % de *S. cerevisiae* y extracto de papaya registró el mayor valor numérico (4,49), seguido por 1 % de *S. cerevisiae* con extracto de guanábana (4,42) y 0,5 % de *S. cerevisiae* con extracto de papya (4,40). Por el contrario, los tratamientos sin *S. cerevisiae* y sin extracto, y sin *S cerevisiae* con extracto de guanábana, presentaron los menores valores numéricos al día 4 (4,14 en ambos casos). En este último momento, tanto *S. cerevisiae* como el tipo de extracto mantuvieron efectos altamente significativos sobre el pH ($p < 0,0001$).

La interacción *S. cerevisiae* x extracto no fue significativo en ningún de los días evaluados ($p = 0,9131$; 0,8731; 0,8829; 0,6970 y 0,4729 para los días 0, 1, 2, 3 y 4). Por tanto, bajo las condiciones experimentales evaluadas, no se encontró evidencia estadística de interacción entre ambos factores sobre el pH. En conjunto, los resultados muestran una evolución ascendente del pH durante la fermentación, con efecto significativo del tipo de extracto frutal desde el día y de *S. cerevisiea* a partir del día 1.

Tabla 6. Efecto de Saccharomyces cerevisiae y extractos frutales sobre la dinámica del pH durante la fermentación del cacao.

Factor		Variable				
Saccharomyces Cerevisiae	**Extracto de Fruta**	**pH-día 0**	**pH-día 1**	**pH-día 2**	**pH-día 3**	**pH-dia 4**
0	**Sin extracto de fruta**	3,70	3,76	3,87	4,00	4,14

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

0	**Papaya**	3,73	3,80	3,92	4,08	4,23
0	**Guanabana**	3,64	3,70	3,82	3,97	4,14
0,5	**Sin extracto de fruta**	3,70	3,78	3,92	4,11	4,29
0,5	**Papaya**	3,73	3,82	3,99	4,20	4,40
0,5	**Guanabana**	3,65	3,73	3,89	4,09	4,31
1	**Sin extracto de fruta**	3,69	3,79	3,96	4,17	4,38
1	**Papaya**	3,72	3,83	4,02	4,26	4,49
1	**Guanabana**	3,64	3,74	3,93	4,17	4,42
	EEM ±	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	CV	0,41	0,40	0,50	0,50	0,48

Probabilidad	**Saccharomyces Cerevisiae**	0,7209	ns	0,0008	**	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**
	Extracto	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**
	S.Cerevisiae x Extracto	0,9131	ns	0,8731	ns	0,8829	ns	0,6970	ns	0,4729	ns

Calidad física y fermentativa de los granos de cacao

La calidad física y de fermentación de los granos de cacao se vio influenciada principalmente por los efectos individuales de *Saccharomyces cerevisiae* y el extracto de fruta (Tabla 7). El análisis de varianza reveló un efecto altamente significativo de *S. cerevisiae* sobre el peso seco, el porcentaje de cotiledones, el índice de semillas, los granos fermentados, violetas y de color pizarra, así como sobre el contenido de humedad ($p < 0,0001$). El índice de vainas fue la única variable que no mostró diferencias significativas con respecto a este factor ($p = 0,5264$).

El tipo de extracto de fruta también influyó significativamente en la mayoría de las variables. Se observaron diferencias en el peso seco ($p = 0,0012$) y efectos altamente significativos sobre el porcentaje de cotiledones, el índice de semillas, los granos fermentados, los granos morados y el contenido de humedad ($p < 0,0001$). De manera similar, el porcentaje de granos gris pizarra mostró diferencias significativas ($p = 0,0004$), mientras que el índice de mazorca no se vio afectado por el extracto ($p = 0,3540$).

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

Entre los tratamientos evaluados, la incorporación de 1 % de *Saccharomyces cerevisiae* resultó en los porcentajes más altos de granos fermentados, con valores de 85,00 %, 92,00 % y 90,00 % para los tratamientos sin extracto, con papaya y con guanábana, respectivamente. Esta respuesta se acompañó de una reducción en el porcentaje de granos morados, que disminuyó a 13,00 %, 7,00 % y 8,33 %, respectivamente. Se observó una tendencia similar para los granos gris pizarra, que alcanzaron 2,00 %, 1,00 % y 1,67 % en las mismas condiciones. En particular, el tratamiento con 1% de *Saccharomyces cerevisiae* arrojó los mejores resultados. El tratamiento que combinaba *Saccharomyces cerevisiae* y extracto de papaya presentó el perfil tecnológico más favorable, con los porcentajes más altos de granos fermentados (92,00 %), cotiledones (88,97 %) e índice de semillas (1,71), así como los porcentajes más bajos de granos morados (7,00 %) y gris pizarra (1,00 %). Además, este tratamiento presentó un contenido de agua del 6,13%, inferior al 6,90 % registrado para el tratamiento sin Saccharomyces cerevisiae ni extracto.

Por el contrario, el tratamiento sin Saccharomyces cerevisiae ni extracto mostró el porcentaje más bajo de granos fermentados (68,33 %) y las proporciones más altas de granos morados (26,00%) y gris pizarra (5,67 %). En general, al aumentar la concentración de Saccharomyces cerevisiae, se observó un mejor rendimiento. La presencia de Saccharomyces cerevisiae se asoció con un aumento progresivo en el porcentaje de granos fermentados y una disminución en los granos morados y gris pizarra.

A pesar de estas diferencias entre tratamientos, no se observó interacción significativa entre *Saccharomyces cerevisiae* y el extracto de fruto para ninguna de las variables estudiadas ($p > 0,05$). Los valores de probabilidad de interacción fueron 0,9072 para el peso seco, 0,4435 para los cotiledones, 0,9674 para el índice de semillas, 0,3412 para los granos fermentados, 0,1157 para los granos morados, 0,6674 para los granos gris pizarra, 0,7640 para el índice de mazorca y 0,3054 para la humedad. Por todo ello, la diferencia observada se la atribuía principalmente a los efectos individuales de los factores ensayados con ausencia de evidencia estadística de interacciones entre ellos. Los coeficientes de variación mostraron un comportamiento bajo en la inmensa mayoría de las variables, obteniéndose 0,66 % en el peso seco, 0,30 % en los cotiledones, 0,92 % en el índice de semillas, 1,58 % en los granos fermentados, 0,69 % en el índice de espiga y 0,64 % en la humedad, siendo los más altos aquellos que pertenecieron a los granos morados (6,07 %) y gris pizarra (14,34 %).

Tabla 7. Efecto de Saccaromyces cerevisiae y extractos frutales sobre las características físicas y la calidad fermentativa de los granos de cacao (Theobroma cacao L.)

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262

DOI:
https://doi.org/10.56519/g661b453
Agosto 2026

Factor		Variable							
Saccharomyces Cerevisiae	Extracto de Fruta	Peso Seco (g)	Cotiledón (%)	Indice de semilla	Fermentados (%)	Violetas (%)	Pizarras (%)	Índice de mazorca	Humedad (%)
0	Sin extracto de fruta	552,47	85,72	1,62	68,33	26,00	5,67	24,99	6,90
0	Papaya	546,53	86,45	1,66	72,33	23,00	4,67	24,99	6,72
0	Guanabana	551,12	86,07	1,65	71,00	24,33	4,67	52,20	6,69
0,5	Sin extracto de fruta	549,40	86,98	1,65	77,33	19,67	3,00	25,00	6,60
0,5	Papaya	539,95	88,19	1,69	82,33	15,67	2,00	24,91	6,40
0,5	Guanabana	544,71	87,58	1,67	81,00	16,67	2,33	24,99	6,44
1	Sin extracto de fruta	542,88	87,81	1,66	85,00	13,00	2,00	25,06	6,31
1	Papaya	535,67	88,97	1,71	92,00	7,00	1,00	24,94	6,13
1	Guanabana	539,32	88,61	1,69	90,00	8,33	1,67	25,02	6,18
	EEM ±	2,08	0,15	0,01	0,73	0,60	0,25	0,10	0,02
	CV	0,66	0,30	0,92	1,58	6,07	14,34	0,69	0,64
Probabilidad	Saccharomyces Cerevisiae	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	0,5264	ns	<0,0001	**
	Extracto	0,0012	*	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	0,0004	*	0,3540	ns	<0,0001	**
	S.Cerevisiae x Extracto	0,9072	ns	0,4435	ns	0,9674	ns	0,3412	ns	0,1157	ns	0,6674	ns	0,7640	ns	0,3054	ns

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262

DOI:
https://doi.org/10.56519/g661b453
Agosto 2026

Características fisicoquímicas de la pasta de cacao

Características fisicoquímicas de la pasta de cacao presentaron variaciones asociadas con los factores evaluados como se observa en la Tabla 8. El tipo de extracto frutal ejerció un efecto altamente significativo sobre el pH, la acidez, la humedad y el contenido de cenizas ($p < 0,0001$). En cambio, *Saccharomyces cerevisiae* no mostró efectos significativos sobre el pH ($p = 0,2657$), la acidez ($p = 0,4258$) ni las cenizas ($p = 0,7568$), aunque si presentó un efecto significativo sobre la humedad ($p = 0,0353$).

El pH de la pasta se situó entre 5,87 y 6,47. Los valores numéricamente más elevados correspondieron a los tratamientos con extractos y papaya, con registro de 6,44; 6,46 y 6,47 para 0,5 u 1 % de *S. cerevisiae*, respectivamente. Por el contrario, las pastas procedentes de los tratamientos sin extracto presentaron valores entre 5,87 y 5,88. La acidez osciló entre 0,57 y 0,88 % observándose el menor valor numérico en el tratamiento con 1 % de *S. cerevisiae* y extracto de papaya (0,57 %) mientras que los tratamientos sin extractos registraron los valores más elevados, entre 0,87 y 0,88 %.

La humedad presentó valores comprendidos entre 3,36 y 4,02 %. El menor registro numérico resultó ser 1 % de S.El ensamble de *S. cerevisiae* y extracto de papaya (3,36%), y los tratamientos de 0,5 y 0% de *S. cerevisiae* vinculados de forma aislada con papaya (3,38 y 3,42% respectivamente)presentaron un desarrollo equilibrado entre estas interacciones. No obstante, los tratamientos sin extracto mostraron valores entre 3,99 y 4,02 %. El análisis estadístico confirmó efectos significativos tanto *S. cerevisiae* ($p = 0,0353$) como del tipo de extracto frutal ($p < 0,0001$) sobre esta variable.

El contenido de cenizas mostró una variación más estrecha, con valores entre 2,99 y 3,14 %. Los mayores registros numéricos se observaron en las pastas procedentes de los tratamientos con extracto de guanábana (3,12 – 3,14 %), mientras que las combinaciones con extracto de papaya presentaron los menores valores (2,99 – 3,01 %). Para esta variable, el tipo de extracto ejerció un efecto altamente significativo ($p < 0,0001$), mientras que *S. cerevisiae* no mostró un efecto significativo ($p = 0,7568$).

No se detectó interacción significativa entre *S. cerevisiae* y el tipo de extracto para ninguna de las propiedades fisicoquímicas analizadas: pH ($p = 0,8336$), acidez ($p = 0,7878$), humedad ($p = 0,9940$) y cenizas ($p = 0,9784$). En conjunto, estos resultados evidencian que el tipo de extracto frutal tuvo un efecto significativo sobre las cuatro características fisicoquímicas evaluadas en la pasta de cacao, mientras que el efecto de *S cerevisiae* se limitó estadísticamente a la humedad. La ausencia de interacción significativa indica que, bajo las condiciones del estudio, no se detectó dependencia estadística entre ambos factores para las variables analizadas.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

Tabla 8. Efecto de Saccharomyces cerevisiae y extractos frutales sobre las características fisicoquímicas de la pasta de cacao.

Factor		Variable			
Saccharomyces Cerevisiae	Extracto de Fruta	pH	Acidez (%)	Humedad (%)	Ceniza (%)
0	**Sin extracto de fruta**	5,87	0,88	4,02	3,02
0	**Papaya**	6,44	0,59	3,42	2,99
0	**Guanabana**	6,30	0,64	3,47	3,12
0,5	**Sin extracto de fruta**	5,88	0,87	4,00	3,01
0,5	**Papaya**	6,46	0,58	3,38	3,00
0,5	**Guanabana**	6,32	0,63	3,43	3,13
1	**Sin extracto de fruta**	5,87	0,88	3,99	3,02
1	**Papaya**	6,47	0,57	3,36	3,01
1	**Guanabana**	6,33	0,62	3,41	3,14
	EEM ±	0,02	0,01	0,02	0,02
	CV	0,47	2,97	1,00	1,03
Probabilidad	**Saccharomyces Cerevisiae**	0,2657	ns	0,4258	ns	0,0353	*	0,7568	ns
	Extracto	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**
	S.Cerevisiae x Extracto	0,8336	ns	0,7878	ns	0,9940	ns	0,9784	ns

Perfil sensorial de la pasta de cacao

El análisis sensorial permitió caracterizar el perfil descriptivo de la pasta de cacao correspondiente a lo nueve tratamientos experimentales como se evidencia en la Figura 3. La representación conjunta de los atributos color, aspecto, aroma, sabor y regusto evidenció variaciones en la configuración de los perfiles entre las diferentes combinaciones de *Saccharomyces cerevisiae* y extractos frutales.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI:
https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

En la representación obtenida se observó una diferenciación progresiva entre los tratamientos, particularmente en aquellos correspondientes al mayor nivel de aplicación de *S. cerevisiae*. Los tratamientos T8 (Sc2Ex1: 1 % de *S. cerevisiae* + extracto de papaya) y T9 (Sc2Ex2: 1 % de *S. cerevisiae* + extracto de guanábana) presentaron perfiles más externos para el conjunto de los atributos representados, mientras que T7 (Sc2Ex0: 1 % de *S. cerevisiae* sin extracto) mostró una configuración intermedia. De manera similar. Dentro del nivel de 0,5 % de levadura se observaron diferencias entre T4, T5 y T6, lo que refleja variaciones descriptivas asociadas con las distintas combinaciones experiemtnales.

Por otra parte, T1 (Sc0Ex0: sin *S. cerevisiae* y extracto frutal) presentó un perfil comparativamente más interno y homogéneo. No obstante, la posición relativa de los tratamientos. Las puntuaciones representan categorías sensoriales descriptivas y no niveles crecientes de aceptabilidad; por tanto, una mayor extensión del polígono no implica necesariamente una mejor calidad o preferencias del polígono no implica necesariamente una mejor calidad o preferencias sensorial. Por ejemplo, puntuaciones crecientes en sabor se aproximan al descriptor “muy amargo”, mientras que en aspecto corresponden progresivamente a una mayor opacidad.

En conjunto, el diagrama radar permiten visualizar la diferenciación del perfil sensorial de la pasta de cacao entre las nueve combinaciones experimentales y facilita la identificación de cambios simultáneos en los atributos evaluados.

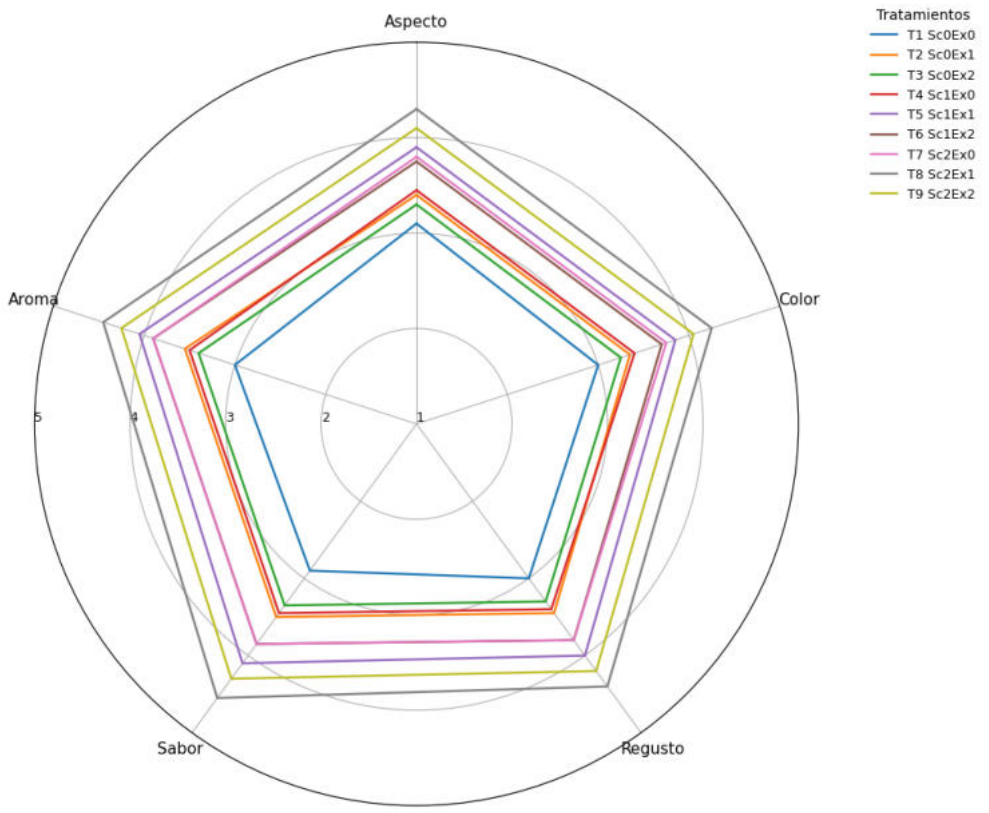


Figura 3. Perfil sensorial de la pasta de cacao obtenida mediante diferentes combinaciones de Saccharomyces cerevisiae y extractos frutales.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI:
https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

DISCUSIÓN

La evolución termina observada es coherente con la sucesión microbiana típica de la fermentación del cacao. Durante las primeras etapas, Saccharomyces cerevisiae participa activamente en el consumo de azucares del mucilago y en la producción de etanol. Posteriormente, la mayor aireación favorece a las bacterias ácido acética, cuyas oxidaciones del etanol genera calor y conduce al incremento de la temperatura de la masa. Este comportamiento ha sido descrito por De Vuyst y Leroy et al. (13) señalan que esta transición metabólica conduce normalmente desde condiciones iniciales cercanas a la temperatura ambiental hasta valores propios de una fermentación activa, donde la oxidación del etanol y posterior sobre oxidación de ácido orgánico contribuyen decisivamente a la generación de calor.

La influencia observada de *S. cerevisiae* sobre el comportamiento térmico a partir de las primeras etapas activas de fermentación encuentra respaldo en estudios que muestran que el nivel de temperatura están estrechamente relacionadas con el desempeño de esta levadura, la influencia de esta levadura observada a partir del primer día también coincide con Kouamé et al. (27), mediante un modelo predictivo desarrollado específicamente para la fermentación alcohólica del cacao, identificaron precisamente la concentración inicial del inoculo y la evaluación térmica como variables determinantes del crecimiento de *S. cerevisiae*. Esta relación permite interpretar que una mayor presencia inicial de la levadura puede favorecer una colonización más rápida del mucilago y una transformación más eficiente de los carbohidratos disponibles, generando condiciones metabólicas favorables para la continuidad de la sucesión microbiana. No obstante, debe evitar atribuir el incremento térmico exclusivamente a *S. cerevisiae*, debido a que el aumento más pronunciado de temperatura se asocia posteriormente con metabolismo oxidativo de las bacterias ácido acéticas.

Resultados comparables fueron reportados por Streule et al. (28) en fermentaciones de cacao ecuatoriano, donde una adecuada progresión de la temperatura estuvo asociada con procesos fermentativos más completos. De forma similar, Gutiérrez et al. (29) indican que la etapa aeróbica puede elevar la temperatura de la masa hasta aproximadamente 40-52 °C, rango relacionado con la actividad de bacterias ácido acéticas y con las transformaciones bioquímicas internas del cotiledón.

La falta de interacciones significativas entre *S. cerevisiae* y extractos hace suponer que *S. cerevisiae* y papaya actuaron independientemente sobre la temperatura evitando demostrar un efecto sinérgico no confirmado de forma estadística. Díaz et al. (30) también evidenciaron que el efecto de un cultivo iniciador depende de su capacidad de implantación y de las condiciones particulares del proceso, por lo que la respuesta fermentativa no siempre resulta de interacciones aditivas entre los componentes evaluados.

En conjunto, la respuesta térmica obtenida es compatible con una fermentación activa y con una sucesión microbiana funcional. El papel de *S. cerevisiae* parece estar relacionado principalmente con las etapas iniciales, mientras que el aumento posterior de temperatura se asocia con el metabolismo oxidativo de las bacterias ácido acéticas.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262

DOI:
https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

De manera concordante Plua et al. (20) observaron que la fermentación dirigida de cacao Nacional y CCN-51 con *Weisella confusa* y *Lactiplantibacillus plantarum* estuvo acompañada por un incremento progresivo de la temperatura, asociado con la actividad metabólica desarrollada durante el proceso. Los autores destacan que la evolución térmica constituye un indicador relevante del avance fermentativo, debido a su relación con la transformación de los sustratos del mucilago y la sucesión de los grupos microbianos. Esta evidencia respalda la importancia del control microbiológico de la fermentación y sugiere que el empleo de cultivos seleccionados puede contribuir a una dinámica más uniforme; no obstante, la magnitud de la respuesta depende también del sistema de fermentación y de las condiciones bajo las cuales se desarrolla el proceso.

La reducción progresiva de los sólidos solubles es consistente con la utilización de los carbohidratos del mucílago como sustrato para el metabolismo microbiano. Viesser et al. demostraron que glucosa y fructosa constituyen los principales azúcares fermentables de la pulpa de cacao, observando un consumo preferencial de glucosa durante las primeras 48-72 horas. Este comportamiento permite relacionar la pérdida de sólidos solubles con el avance de la fase fermentativa y la transformación de los azúcares disponibles (31).

La participación de *S. cerevisiae* resulta particularmente importante en esta dinámica. Lo indicado por Muñoz y De Vuyst et al. (32) concuerda con el funcionamiento de las levaduras que empleadas como cultivos iniciadores afectan la utilización de los carbohidratos de la pulpa, así como la producción de etanol y compuestos involucrados en el aroma. En consecuencia, una reducción más intensa de los sólidos solubles en fermentaciones inoculadas puede reflejar una mayor actividad metabólica sobre los sustratos disponibles.

Esta interpretación también coincide con investigaciones recientes sobre fermentación controladas. Un estudio del 2025 con diferentes cepas de *S. cerevisiae* mostró una disminución progresiva de los °Brix durante la fermentación de cacao y una mayor concentración residual de sólidos solubles en la fermentación natural respecto de los tratamientos inoculados. Esto respalda el uso de los °Brix como indicador complementario del aprovechamiento de los sustratos durante la fermentación.

Por otra parte, la incorporación de matrices frutales puede modificar la composición del medio fermentativo. Vizcaino et al. (33) al sustituir el mucílago de cacao por pulpas de frutas en fermentaciones no convencionales, comprobaron transformaciones importantes en azucares y ácidos orgánicos a medidas que avanzó el proceso. Esto sugiere que los extractos frutales pueden alterar la disponibilidad de sustratos para el microbiota; sin embargo, su contribución especifica debe confirmarse mediante la cuantificación individual de glucosa, fructosa, sacarosa, etanol, ácido orgánico, dado que los °Brix representan el conjunto de sólidos solubles o exclusivamente azucares.

La evaluación ascendente del pH puede relacionarse con las transformaciones de los ácidos orgánicos presentes en el mucilago y con la sucesión microbiana durante la fermentación. Díaz et al. (18) señalan que el consumo de citrato, principalmente

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

asociado con la actividad de bacterias ácido lácticas, reduce progresivamente la acidez inicial de pulpa y modifica las condiciones para el establecimiento de los microorganismos que participan en etapas posteriores.

Esta tendencia también ha sido observada experimentalmente. En fermentaciones controladas de cacao, se han reportado valores iniciales cercanos a pH 3,5 y finales alrededor de 4,0 – 4,3, atribuidos a la transformación microbiana del citrato y de los carbohidratos presentes en la pulpa (34). Asimismo, investigaciones recientes con *S. cerevisiae* como cultivo iniciador muestran que el pH puede presentar fluctuaciones durante el proceso y posteriormente incrementarse, confirmando su comportamiento depende de la actividad metabólica y de la etapa fermentativa (35).

El efecto de los extractos frutales puede estar asociado con las diferencias en su composición de azucares y ácidos orgánicos. Vizcaino et al. (36), al sustituir el mucilago de cacao por pulpas frutales, comprobaron modificaciones en el pH, la acidez titulable y las concentraciones de ácido cítrico, láctico y acético durante la fermentación. Estos antecedentes respaldan que la incorporación de matrices frutales puede modificar el entorno químico de la masa fermentativa; sin embargo, el mecanismo especifico dependerá de la composición de cada extracto.

La calidad física del grano está estrechamente relacionada con la eficiencia de la fermentación, particularmente con las trasformaciones internas del cotiledón y la reducción de defectos asociados con una fermentación incompleto. El cacao Nacional ecuatoriano, Falconí et al. (10) demostraron que el empleo de un cóctel microbiano nativo como cultivo iniciador favoreció el desarrollo del proceso fermentativo frente a la fermentación convencional. Este antecedente respalda el uso de microorganismos seleccionados como estrategia para mejorar la uniformidad y calidad del beneficio del cacao.

La participación de *Saccharomyces cerevisiae* resulta particularmente relevante por su capacidad para establecer durante las primeras etapas de la fermentación y transformar los sustratos disponibles en el mucílago. Díaz et al. (30) comprobaron que fermentaciones inoculadas con *S. cerevisiae* condujeron a un proceso más avanzando que aquellas inoculadas con *Hanseniaspora opuntiae*, además de generar perfiles aromáticos más ricos y reproducibles. Esto sustenta el potencial de *S. cerevisiae* como cultivo iniciador para favorecer una transformación más consiste en el grano.

La disminución de granos violetas adquiere especial importancia, debido a que su presencia se asocia con una transformación incompleta del cotiledón. Vizcaino et al. (37), en fermentaciones no convencionales de cacao CCN-51 con sustitución del mucílago por pulpas frutales, obtuvieron más del 81 % de granos fermentados y menos del 18,4 % de granos violetas después de cinco a seis días. La proximidad metodológica de este estudio resalta particularmente relevante, ya que demuestra que la modificación de la matriz fermentativa mediante pulpas de frutas puede acompañarse de cambios favorables en la calidad determinada mediante prueba de corte.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

La ausencia de interacción entre *S. cerevisiae* y los extractos frutales indica que no existe evidencia estadística para plantear un efecto sinérgico entre ambos factores. Sus contribuciones sobre las características físicas y la calidad fermentativa deben interpretarse de manera independiente. En término aplicados, la evidencia disponible respalda el empleo de cultivos iniciadores para favorecer una fermentación más uniforme, mientras que el uso de matrices frutales constituye una alternativa prometedora para modular el proceso y merece una caracterización microbiológica y metabólica más profunda.

Las variaciones fisicoquímicas de la pasta de cacao reflejan que los cambios inducidos durante la fermentación y el secado se mantienen posteriormente en el producto procesado. En este sentido, el pH y la acidez son particularmente sensibles a la acumulación y difusión de ácidos orgánicos durante la fermentación. Diversos estudios han mostrado que la acidificación del cotiledón depende principalmente de la penetración de ácido acético y láctico, lo que repercute posteriormente en el licor o pasta de cacao y puede modificar su calidad sensorial (38).

La influencia del tipo de extracto sobre el pH y la acidez puede relacionarse con la composición propia de cada matriz vegetal. Los extractos frutales añaden azúcares y ácidos orgánicos los cuales modificarían las condiciones del mucílago y por tanto las trayectorias metabólicas durante la fermentación mientras que esto se ajusta a lo encontrado en trabajos previos donde el agregado o sustitución de matrices ricas en carbohidratos modificó el metabolismo de azúcares y ácidos orgánicos en la fermentación del cacao encontrando luego diferencias en la naturaleza química del producto. No obstante, establecer que compuestos fue responsable de estas variaciones requeriría cuantificar individualmente ácido cítrico, láctico y acético.

La humedad constituye otro parámetro de interés tecnológico, ya que está relacionada con la estabilidad de la materia prima y con las operaciones posteriores de transformación. En estudios realizados con cacao fermentado, el contenido de humedad mostró variaciones atribuibles tanto el proceso fermentativo como el secado, mientras que contenidos reducidos favorecieron una mayor estabilidad durante el almacenamiento. De forma similar, investigaciones recientes con fermentaciones inducidas han destacado que el manejo postcosecha determina la retención de agua y la composición final del cacao procesado (39).

Por su parte, las diferencias en cenizas pueden vincularse principalmente con la composición mineral de la materia prima y de las matrices adicionadas. A diferencia del pH o la acidez, esta variable no depende directamente de la actividad fermentativa, debido a que representa la fracción inorgánica residual del producto. Estudios sobre la dinámica de fermentación han mostrado que el contenido de cenizas puede variar entre condiciones de procesamiento y materiales de cacao, aunque estos cambios suelen ser menos pronunciados que los observados en humedad o acidez (11).

La ausencia de interacción entre *Saccharomyces cerevisiae* y los extractos frutales indica que no existe evidencia de un efecto sinérgico sobre las propiedades fisicoquímicas de la pasta. Por ello, la influencia de ambos factores debe interpretarse de manera

independiente. En conjunto, la literatura respalda que la composición fisicoquímica de la pasta de cacao constituye el resultado acumulativo de la fermentación, el secado y la naturaleza de la materia prima, siendo particularmente importante el equilibrio entre pH y acidez por su relación posterior con la calidad tecnológicas y sensorial del cacao.

Las diferencias observadas entre los perfiles sensoriales confirman que las condiciones de fermentación pueden modificar las características perceptibles de la pasta de cacao. La actividad de las levaduras desempeña un papel importante en este proceso, debido a su participación en la formación de alcoholes, ésteres y otros metabolitos que contribuyen posteriormente al aroma y sabor. En este sentido, Díaz et al. (30) demostraron que el empleo de *Saccharomyces cerevisiae* como cultivo iniciador produjo perfiles aromáticos del licor de cacao y chocolate más ricos y reproducibles que otras condiciones fermentativas, asociados con diferencias en la composición del compuesto orgánicos volátiles.

La influencia de las levaduras sobre el perfil sensorial también depende de su capacidad metabólica. Chagas et al. (40), al evaluar levaduras autóctonas procedentes de fermentaciones de cacao, identificaron diferencias sensoriales vinculadas con la producción de compuestos como acetato de etilo, acetato de isoamilo y acetato de 2 feniletilo, relacionados con notas frutales y florales. Esto evidencia que la selección del microorganismo iniciador puede modificar cualitativamente el perfil aromático desarrollado durante la fermentación.

En cacao Nacional ecuatoriano Streule et al. (28) comprobaron además las condiciones de fermentación y secado repercuten directamente en el perfil sensorial del licor. Fermentaciones insuficientes estuvieron asociadas con atributos amargos, astringentes, leñosos y terrosos, confirmando que el manejo postcosecha condiciona la expresión sensorial del producto final.

CONCLUSIONES

La aplicación de *Saccharomyces cerevisiae* y extracto de papaya *(Carica papaya L.)* y guanábana *(Annona muricata L.)* permitió modificar las condiciones de la fermentación postcosecha del cacao, evidenciándose variaciones en temperatura, pH y sólidos solubles. Los resultados obtenidos presentaron una mayor garantía del desarrollo fermentativo dado el carácter más transformador que mostraron las almendras y demostraron el potencial de la fermentación dirigida como alternativa para tener un proceso de postcosecha más controlado y uniforme.

Los tratamientos influyeron en la calidad fermentativa del grano y en las características fisicoquímicas de la pasta de cacao. Entre las combinaciones evaluadas, el tratamiento constituido por 1 % de *S. cerevisiae* y extracto de papaya presentó el comportamiento tecnológico más favorable, con 92 % de granos fermentados, 7 % de granos violetas y 1 % de granos pizarrosos, además de una pasta caracterizada por menor acidez y humedad. Estos resultados permiten considerar esta combinación como la de mayor potencial para optimizar la calidad postcosecha dentro de las condiciones experimentales estudiadas.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 229-262
DOI: https://doi.org/10.56519/47yw7870
Agosto 2026

Las diferentes condiciones de fermentación generaron variaciones en los atributos sensoriales de la pasta de cacao, confirmado que el manejo fermentativo repercute en las características perceptibles del producto final. No obstante, la ausencia de una interacción estadísticamente significativa entre *S cerevisiae* y los extractos frutales indica que no se comprobó un efecto sinérgico entre ambos factores, por lo que sus efectos deben interpretarse principalmente de manera independiente.

Los resultados respaldas el potencial de *S. cerevisiae* y, particularmente, del extracto de papaya como herramienta para orientar estrategias biotecnológicas destinadas al mejoramiento de la fermentación y la calidad del cacao.

AGRADECIMIENTOS (OPCIONAL)

Mis más sinceros agradecimientos a Papito Dios por su inmenso amor y sabiduría Gracias Padre Celestial, también a mi mami la Licenciada Mariana de Jesús Cortez Freire, sin ti mamá esto no fuera posible, te amamos mamita y a mi Princesa Narcisita Vasquez.

DECLARACIÓN DE INTERÉS (OPCIONAL)

Los autores declaran no tener conflictos de interés ni de manera personal que pudieran haber influido en el desarrollo, análisis, interpretación o publicación de los resultados de esta investigación.

CONTRIBUCIONES DE AUTOR (OPCIONAL)

Luis Humberto Vásquez Cortez y Sanyi Lorena Rodríguez Cevallos: conceptualización, diseño de la investigación, metodología, desarrollo experimental, conceptualización, diseño de la investigación, metodología, desarrollo experimental de los tratamientos, recolección y procesamiento de datos, análisis estadístico, interpretación de resultados, investigación concluida, generación de figuras, tablas, redacción del borrador original, revisión y edición del manuscrito. José Francisco Falconi Novillo: metodología, supervisión, revisión crítica y aprobación de la versión final del manuscrito. Todos los autores leyeron y aprobaron la versión final del artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vásquez V, Rosales T. El origen de la domesticación de Theobroma cacao “cacao”: la evidencia de la Amazonía-Revisión. Revista ARCHAEOBIOS No [Internet]. 2025 [cited 2026 May 16];2(20):39–50. Available from: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10513204
2. Subroto E, Djali M, Indiarto R, Lembong E, Baiti N. Microbiological activity affects post-harvest quality of cocoa (Theobroma cacao L.) beans. Horticulturae. 2023;9(7):1–25. doi:10.3390/horticulturae9070805

3. Santander M, Vaillant F, Sinuco D, Rodríguez J, Escobar S. Enhancement of fine flavour cocoa attributes under a controlled postharvest process. Food Research International. 2021 May;143(110236). doi:10.1016/j.foodres.2021.110236
4. Vásquez. Luis, Rodríguez S, Cadena L, Plua J. Aroma, Ciencia y Tradición: Nuevas fronteras en la fermentación del cacao [Internet]. 1st ed. Rodríguez S, editor. Manabí: GESICAP; 2025 [cited 2026 May 13]. 1–126 p. Available from: https://edicionesgesicap.com/index.php/gesicap/catalog/book/47
5. Campos S, Martínez W, Anacleto G, Ocán D, dos Santos G, Rosas F, et al. The Role of microbial Dynamics, Sensorial compounds, and producing regions in cocoa fermentation. Microbiology Research. 2025. p. 1–34. doi:10.3390/microbiolres16040075
6. Vizcaino C, Guajardo D, Caroca R, Serna SO, Briones M, Lazo M. Non-conventional fermentation at laboratory scale of cocoa beans: Using probiotic microorganisms and substitution of mucilage by fruit pulps. Int J Food Sci Technol. 2022;57(7):4307–15. doi:10.1111/ijfs.15757
7. Balcázar C, Fernández E, Lopes A, Ferreira N, Chagas G, Yoplac I, et al. Amino acid profile behavior during the fermentation of Criollo cocoa beans. Food Chem X. 2024 Jun;22(101486). doi:10.1016/j.fochx.2024.101486
8. Quintana L, García A, Rodríguez A, Hoyos N, Alvis A. Impact of spontaneous fermentation on the physicochemical and sensory qualities of Cacao. Fermentation. 2025;11(7):1–9. doi:10.3390/fermentation11070377
9. Vásquez L, Montoya E, Cadenas Morales LI, Plua J, Camacho C, Cobos F, et al. Physical, chemical and sensory evaluation of cocoa (Theobroma cacao L.) CCN51 fermented with Saccharomyces cerevisiae and fruit extract (Manila mango) at different stages of ripeness. Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria. 2025 Aug;45(3):117–28. doi:10.12873/453vasquez
10. Falconí C, Yánez V, Haro R, Claudio D. Inoculum of a Native Microbial Starter Cocktail to Optimize Fine-Aroma Cocoa (Theobroma cacao) Bean Fermentation. Agronomy. 2023;13(10):1–16. doi:10.3390/agronomy13102572
11. Vásquez L, Rodríguez S, Clavijo S, Carrillo M, Maddela N, Radice M, et al. Impact of Microbial Inoculants and Fruit Extracts on Cadmium Reduction and Quality Parameters in Cocoa (Theobroma cacao L.): From Beans to Cocoa Paste. Processes. 2026;14(9):1–26. doi:10.3390/pr14091348
12. Vásquez L, Vásquez K, Intriago F, Chang J, Maddela N, Prasad R. Banana and apple extracts with efficient microorganisms and their effect on cadmium reduction in cocoa beans (Theobroma cacao L.). Discover Food. 2024;4(163):1–13. doi:10.1007/s44187-024-00205-5
13. De Vuyst L, Leroy F. Functional role of yeasts, lactic acid bacteria and acetic acid bacteria in cocoa fermentation processes. FEMS Microbiol Rev. 2020;44(4):432–53. doi:10.1093/femsre/fuaa014
14. Vásquez L, Cevallos C, Uvidia M, Segobia S, Plua J. Evaluation of fermentation methods for Nacional and CCN51 cacao introducing microorganisms in jute, rohan boxes for organoleptic improvement. Revista Luna Azul. 2025;(60):168–81. doi:10.17151/luaz.2025.60.10
15. Ayodipupo B, Ifeolu A, Otunba A, Ebenezer G, Babalola O, Nwufo C. Therapeutic benefits of Carica papaya: A review on its pharmacological activities and

characterization of papain. Arabian Journal of Chemistry. 2024;17(1):105369. doi:10.1016/j.arabjc.2023.105369

16. Ibrahim N, Hidayat C, Utami T, Yanti R, Witasari L. Flavor precursor and volatile compounds formation of unfermented cocoa beans hydrolyzed by papain. Food Science and Technology. 2024;44:1–7. doi:10.5327/fst.00224%20
17. Intriago F, Cedeño J, Parraga C, Alvarado K, Vásquez L, Revilla K, et al. Induction of effective microorganisms (EM) in the fermenting mass of cocoa (Theobroma cacao L.) and their impact on physicochemical and antioxidant characteristics. Biotecnia. 2024;26:1–8. doi:10.18633/biotecnia.v26.2422
18. Díaz C, Vuyst L. Functional yeast starter cultures for cocoa fermentation. J Appl Microbiol. 2022 Jul;133(1):39–66. doi:10.1111/jam.15312
19. Morales W, Morante J, Herrera R, Ayuso M, Bernalte M. Effect of addition of yeasts and enzymes during fermentation on physicochemical quality of fine aroma cocoa beans. J Agric Food Res. 2024;16:1–11. doi:10.1016/j.jafr.2024.101126
20. Plua J, Vásquez L, Valenzuela J, Barragan R, Pérez S, Maddela N, et al. Effect of Lactic Acid Bacteria (Weissella confusa and Lactiplantibacillus plantarum) and Fermentation Type on the Quality of Nacional and CCN-51 Cocoa (Theobroma cacao L.). Appl Microbiol. 2026;6(8):97. doi:10.3390/applmicrobiol6080097
21. Vera J, Vásquez L, Alvarado K, Intriago F, Raju M, Radice M. Physical and Organoleptic Evaluation of 12 Cocoa Clones (Theobroma Cacao L.) of National Type, in Cocoa Liquor—a Study from Ecuador. In: Salgado J, Vega H, García G, Robles V, editors. Systems, Smart Technologies and Innovation for Society. Guayaquil: Springer Cham; 2024. p. 199–211. doi:10.1007/978-3-031-51982-6_18
22. Vásquez L, Clavijo S, Carrillo M, Díaz E, Tacle P, Arias D. Effect of efficient microorganisms and fruit extracts on the organoleptic and chemical profile of CCN-51 cacao liquor during postharvest processing. Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria. 2025;45(4):343–53. doi:10.12873/454vasquez-2
23. Vásquez L, Cevallos C, Uvidia M, Segobia S, Plua J. Evaluación de métodos fermentativos de cacao Nacional y CCN51 induciendo microorganismos en yute y cajas Rohan para mejora organoléptico. Luna Azul. 2025;(60):168–81. doi:10.17151/luaz.2025.60.10
24. Dzelagha B, Ngwa N, Nde D. A Review of Cocoa Drying Technologies and the Effect on Bean Quality Parameters. Int J Food Sci. 2020;2020:1–11. doi:10.1155/2020/8830127
25. Barreiro J, Sandoval A. Kinetics of moisture adsorption during simulated storage of whole dry cocoa beans at various relative humidities. J Food Eng. 2020;273:109869. doi:10.1016/j.jfoodeng.2019.109869
26. Streule S, Freimüller S, Chatelain K, Miescher S. Effect of pod storage and drying temperature on fermentation dynamics and final bean quality of cacao Nacional in Ecuador. Foods. 2024;13(10):1536. doi:10.3390/foods13101536
27. Kouamé C, Loiseau G, Grabulos J, Boulanger R, Mestres C. Development of a model for the alcoholic fermentation of cocoa beans by a Saccharomyces cerevisiae strain. Int J Food Microbiol. 2021;337:108917. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108917
28. Streule S, Freimüller S, Galler M, Motzer D, Poulose M, Miescher S. Variations in Ecuadorian cocoa fermentation and drying at two locations: Implications for quality and sensory. Foods. 2024;13(1):1–22. doi:10.3390/foods13010137

29. Gutiérrez H, Suárez M, Hernández Z, Castellanos O, Alonso R, Rayas P, et al. Yeasts as producers of flavor precursors during cocoa bean fermentation and their relevance as starter cultures: A review. Fermentation. 2022;8(7):1–18. doi:10.3390/fermentation8070331
30. Díaz C, Van D, Tuenter E, Lemarcq V, Van D, Soares J, et al. An in-depth multiphasic analysis of the chocolate production chain, from bean to bar, demonstrates the superiority of Saccharomyces cerevisiae over Hanseniaspora opuntiae as functional starter culture during cocoa fermentation. Food Microbiol. 2023 Feb;109:1–24. doi:10.1016/j.fm.2022.104115
31. Viesser J, de Melo G, de Carvalho D, Rogez H, Góes A, Azevedo V, et al. Co-culturing fructophilic lactic acid bacteria and yeast enhanced sugar metabolism and aroma formation during cocoa beans fermentation. Int J Food Microbiol. 2021;339:109015. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2020.109015
32. DíaZ C, De Vuyst L. Functional yeast starter cultures for cocoa fermentation. J Appl Microbiol. 2022;133(1):39–66. doi:10.1111/jam.15312
33. Vizcaino C, Guajardo D, Caroca R, Serna S, Briones M, Lazo M. Non-conventional fermentation at laboratory scale of cocoa beans: Using probiotic microorganisms and substitution of mucilage by fruit pulps. Int J Food Sci Technol. 2022;57(7):4307–15. doi:10.1111/ijfs.15757
34. Settapramote N, Phungam N, Hunsakul K, Chuensun T, Yatale T, Kawee-ai A. Optimization of Cocoa Nibs Fermentation Using Saccharomyces cerevisiae Starter Cultures: Impact on Physicochemical Properties and Aroma Profile. Trends in Sciences. 2025;22(8):10201. doi:10.48048/tis.2025.10201
35. Rojas K, Hernández C, Mencía A. Transformaciones bioquímicas del cacao (Theobroma cacao L.) durante un proceso de fermentación controlada [Internet]. Vol. 45. 2021;45(1):53–65. doi:10.15517/rac.v45i1.45694
36. Vizcaino C, Guajardo D, Caroca R, Serna S, Briones M, Lazo M. Non-conventional fermentation at laboratory scale of cocoa beans: Using probiotic microorganisms and substitution of mucilage by fruit pulps. Int J Food Sci Technol. 2022;57(7):4307–15. doi:10.1111/ijfs.15757
37. Vizcaino C, Guajardo D, Caroca R, Serna S, Briones M, Lazo M. Non-conventional fermentation at laboratory scale of cocoa beans: Using probiotic microorganisms and substitution of mucilage by fruit pulps. Int J Food Sci Technol. 2022;57(7):4307–15. doi:10.1111/ijfs.15757
38. Ruiz F, Márquez F, García P, Carrera A, Ramírez C, Ocaranza E, et al. Physicochemical and biochemical changes in cocoa during the fermentation step. Fermentation. 2024 Aug;10(8):1–14. doi:10.3390/fermentation10080405
39. Ramírez A, Gutiérrez G, Polonía P, López L, Suárez J. Fermentation and its effect on the physicochemical and sensory attributes of cocoa beans in the Colombian Amazon. PLoS One. 2024 Oct 1;19(10 October). doi:10.1371/journal.pone.0306680
40. Mendoza M, Martínez O, Ardila M, Lizarazo P. Bioprospecting of indigenous yeasts involved in cocoa fermentation using sensory and chemical strategies for selecting a starter inoculum. Food Microbiol. 2022;101:103896. doi:10.1016/j.fm.2021.103896

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 263-277

DOI:
https://doi.org/10.56519/m3m6b962
Agosto 2026

LA CONTABILIDAD SOCIAL COMO HERRAMIENTA ESTRATÉGICA PARA LA SOSTENIBILIDAD EN LAS EMPRESAS PESQUERAS DE MANTA, MANABÍ, ECUADOR

SOCIAL ACCOUNTING AS A STRATEGIC TOOL FOR SUSTAINABILITY IN FISHING COMPANIES IN MANTA, MANABÍ, ECUADOR

Karla Melissa Chávez Ordóñez[1], José Falconí Novillo[2]
{kchavezor@unemi.edu.ec[1], jfalconin@unemi.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 17/07/2026 / Fecha de aceptación: 15/08/2026 / Fecha de publicación: 25/08/2026

RESUMEN: La sostenibilidad empresarial constituye un imperativo para sectores de alto impacto ambiental como la pesca industrial, y en Manta, Manabí, Ecuador, esta actividad enfrenta tensiones constantes entre el crecimiento productivo y sus externalidades socioambientales. Este artículo tiene como objetivo analizar críticamente la relación entre la contabilidad social y la sostenibilidad empresarial en el clúster pesquero de Manta, bajo la hipótesis de que la contabilidad social incide positivamente en dicha sostenibilidad al integrar la información financiera con los impactos no financieros de las operaciones. Mediante una revisión sistemática de literatura reciente (2021-2026) y la propuesta de un diseño metodológico cuantitativo, no experimental, de corte transversal y alcance descriptivo-correlacional, se sintetizó la evidencia disponible sobre contabilidad social y ambiental en contextos pesqueros e industriales de Ecuador y la región. Los resultados de la revisión muestran que, si bien las empresas pesqueras de Manta cumplen mayoritariamente con normativas ambientales básicas, la integración de esta información en los sistemas contables formales continúa siendo parcial, y que la Teoría de los Stakeholders y la Teoría de la Legitimidad ofrecen un marco explicativo convergente para esta relación. La discusión evidencia que la contabilidad social funciona, sobre todo, como herramienta de legitimación y gestión de riesgos, condicionada por la capacitación técnica y la voluntad gerencial. Se concluye que la contabilidad social posee potencial estratégico para fortalecer la competitividad y la permanencia de las empresas pesqueras de Manta, y se propone un instrumento validado para contrastar empíricamente esta relación en estudios posteriores.

[1]Maestría en Contabilidad y Auditoría con Mención en Gestión Tributaria, Universidad Estatal de Milagro, Milagro-Ecuador, https://orcid.org/0009-0002-3655-9132
[2]Maestría en Contabilidad y Auditoría con Mención en Gestión Tributaria, Universidad Estatal de Milagro, Milagro-Ecuador, https://orcid.org/0000-0003-2623-115X

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 263-277
DOI: https://doi.org/10.56519/m3m6b962
Agosto 2026

Palabras clave: contabilidad social; sostenibilidad empresarial; sector pesquero; gestión ambiental; teoría de los stakeholders; teoría de la legitimidad

ABSTRACT:Corporate sustainability is an imperative for high environmental-impact sectors such as industrial fishing, and in Manta, Manabí, Ecuador, this activity faces constant tension between productive growth and its socio-environmental externalities. This article critically analyzes the relationship between social accounting and corporate sustainability in the Manta fishing cluster, under the hypothesis that social accounting positively affects such sustainability by integrating financial information with the non-financial impacts of operations. Through a systematic review of recent literature (2021-2026) and the proposal of a quantitative, non-experimental, cross-sectional, descriptive-correlational methodological design, the available evidence on social and environmental accounting in fishing and industrial contexts in Ecuador and the region was synthesized. The review results show that, although fishing companies in Manta largely comply with basic environmental regulations, the integration of this information into formal accounting systems remains partial, and that Stakeholder Theory and Legitimacy Theory offer a convergent explanatory framework for this relationship. The discussion shows that social accounting works, above all, as a legitimation and risk-management tool, conditioned by technical training and managerial commitment. It is concluded that social accounting has strategic potential to strengthen the competitiveness and permanence of fishing companies in Manta, and a validated instrument is proposed to empirically test this relationship in future studies.

Keywords: social accounting; corporate sustainability; fishing industry; environmental management; stakeholder theory; legitimacy theory

INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad empresarial se ha convertido en un imperativo para los sectores productivos de alto impacto ambiental, entre los que se cuenta la pesca industrial. En Manta, provincia de Manabí, Ecuador, esta actividad constituye uno de los principales pilares de la economía local y un polo exportador estratégico para el país; sin embargo, enfrenta tensiones constantes entre el crecimiento productivo y las externalidades socioambientales que genera, entre ellas el consumo intensivo del recurso hídrico, la generación de residuos y la presión sobre los ecosistemas costeros. Frente a este panorama, la contabilidad social, entendida como el proceso de comunicar los efectos sociales y medioambientales de la actividad económica de las organizaciones a sus grupos de interés y a la sociedad en su conjunto (1), surge como una herramienta estratégica capaz de cerrar la brecha entre el desempeño financiero tradicional y los impactos no financieros de la operación pesquera.

La necesidad de esta herramienta no es meramente teórica. La evidencia disponible para el sector pesquero de Manta documenta que las empresas del clúster de Los Esteros orientan sus prácticas principalmente al cumplimiento normativo y operativo en materia ambiental, sin que estas prácticas se integren de manera sistemática en los sistemas contables que sustentan la toma de decisiones estratégicas (2). Esta desconexión entre

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 263-277
DOI: https://doi.org/10.56519/m3m6b962
Agosto 2026

la gestión ambiental operativa y su registro contable formal limita la capacidad de las empresas para comunicar de manera verificable su desempeño socioambiental ante sus grupos de interés, trabajadores, comunidades costeras, clientes y organismos reguladores, y por lo tanto restringe su margen de legitimación social y de diferenciación competitiva en un mercado exportador cada vez más sensible a criterios de sostenibilidad. Estudios previos documentan de forma similar la contribución de la contabilidad ambiental a la responsabilidad social empresarial en otros contextos latinoamericanos (3), así como investigaciones que vinculan de manera explícita la sostenibilidad ambiental con la responsabilidad social corporativa como ejes complementarios de la gestión empresarial contemporánea (4). Este vacío se explica, en parte, por el propio diseño del marco contable y tributario ecuatoriano. La normativa contable aplicable a la mayoría de las empresas pesqueras de Manta, la NIIF para PYMES, cuya aplicación regula la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros, no exige el reconocimiento ni la revelación diferenciada de costos, pasivos o inversiones de carácter ambiental o social; estos, cuando existen, se diluyen dentro de partidas operativas genéricas. En el plano tributario, la Ley Orgánica de Régimen Tributario Interno tampoco contempla criterios específicos de deducibilidad para gastos de gestión ambiental voluntaria, lo que reduce el incentivo fiscal para que las empresas los contabilicen de forma separada y trazable. A esto se suma que los estándares internacionales de divulgación de sostenibilidad, las NIIF S1 y S2, aún no son de aplicación obligatoria para las PYMES en Ecuador, de modo que la comunicación de impactos socioambientales queda, en la práctica, librada a la voluntad gerencial y sin un marco normativo formal que la exija o la estandarice.

Este artículo sostiene que la contabilidad social incide positivamente en la sostenibilidad de las empresas pesqueras de Manta, en la medida en que permite integrar la información financiera con los impactos sociales y ambientales de sus operaciones. Esta hipótesis se apoya en evidencia previa que documenta una integración todavía parcial de las prácticas ambientales en los sistemas contables del sector (2), así como en estudios comparados en otros contextos industriales y geográficos que confirman patrones similares de adopción fragmentada de la contabilidad socioambiental. El objetivo general del artículo es analizar críticamente la relación entre contabilidad social y sostenibilidad empresarial en el clúster pesquero de Manta, a partir de una revisión sistemática de la literatura reciente y de la propuesta de un diseño metodológico que permita, en un estudio empírico posterior, contrastar dicha relación. De manera específica, se busca: (i) sintetizar el estado del conocimiento sobre contabilidad social y ambiental en contextos pesqueros e industriales comparables; (ii) identificar los marcos teóricos que explican la relación entre contabilidad social y sostenibilidad; y (iii) proponer un instrumento metodológico validado y adaptable para su aplicación futura en el sector.

La justificación de este trabajo radica en la necesidad de mejorar la trazabilidad de los costos socioambientales en un sector que constituye un polo exportador estratégico para el Ecuador, y cuya legitimidad social depende, en buena medida, de su capacidad para demostrar, de forma verificable, que su crecimiento productivo es compatible con la sostenibilidad ambiental y social de su entorno. Lograr este equilibrio permite a las empresas pesqueras cumplir con exigencias regulatorias crecientes y fortalece su

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 263-277
DOI: https://doi.org/10.56519/m3m6b962
Agosto 2026

posición competitiva ante mercados internacionales y consumidores cada vez más atentos a los criterios de responsabilidad social y ambiental de sus proveedores. El presente artículo se organiza en cuatro secciones adicionales: en primer lugar, se describe el diseño metodológico propuesto para contrastar empíricamente la hipótesis planteada; en segundo lugar, se presentan los resultados de la revisión sistemática de literatura, organizados en torno a los marcos teóricos y la evidencia empírica disponible; en tercer lugar, se discuten las implicaciones y los límites de esta evidencia; y finalmente, se exponen las conclusiones y las líneas de investigación futura que se derivan de este análisis.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación propuesta adopta un enfoque cuantitativo, no experimental, de corte transversal y alcance descriptivo-correlacional. Este enfoque es pertinente porque permite analizar la relación entre contabilidad social y sostenibilidad mediante medición numérica y análisis estadístico, sin manipular las variables de estudio. La elección se sustenta en investigaciones previas realizadas en el mismo contexto sectorial: un diseño equivalente aplicado en empresas pesqueras de Los Esteros, Manta, obtuvo resultados estadísticamente significativos sobre la relación entre prácticas contables y compromiso ambiental (2).

El instrumento propuesto es un cuestionario estructurado tipo Likert de cinco niveles, dirigido a los responsables contables y administrativos de las empresas pesqueras de Manta, organizado en torno a las dimensiones económica, social y ambiental de la contabilidad social y su relación con indicadores de sostenibilidad. Un estudio previo validó, para el mismo sector productivo, un instrumento de 22 ítems con altos niveles de fiabilidad (alfa de Cronbach superior a 0,79) para medir prácticas de sostenibilidad en el sector pesquero ecuatoriano (2), lo que respalda la idoneidad de este tipo de instrumento para el presente estudio; el instrumento adaptado se encuentra disponible previa solicitud a los autores. Los datos serán de tipo primario, recopilados directamente de los sujetos de estudio.

La población está conformada por empresas pesqueras formalmente registradas en Manta que se encuentren activas y dispongan de personal vinculado a la gestión contable o administrativa. Para la selección de la muestra se empleará un muestreo no probabilístico de tipo intencional o por conveniencia, considerando criterios de inclusión como el registro formal, la operatividad durante el período de estudio y la disponibilidad de información contable básica. Este método ha sido utilizado en investigaciones similares sobre el sector pesquero de Manta (2), lo que respalda su pertinencia metodológica en un contexto donde la accesibilidad a las unidades de análisis constituye un factor determinante.

El procesamiento de los datos se realizará mediante estadística descriptiva, medidas de tendencia central y dispersión, calculadas en Microsoft Excel dado el tamaño reducido de la muestra prevista, para identificar patrones en las variables analizadas, complementada con análisis correlacional para evaluar la relación entre contabilidad social y sostenibilidad empresarial. Este procedimiento es consistente con el empleado en estudios previos del mismo sector, que utilizaron análisis factorial exploratorio y

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 263-277
DOI: https://doi.org/10.56519/m3m6b962
Agosto 2026

confirmatorio para evidenciar relaciones significativas entre las dimensiones financieras y no financieras de la contabilidad en empresas pesqueras de Manta (2).

La operacionalización de las variables se realiza a partir de tres dimensiones. La variable independiente, contabilidad social, se descompone en una dimensión económica (costos y beneficios ambientales incorporados a la contabilidad, inversión en gestión ambiental), una dimensión social (relación con trabajadores, comunidades costeras y organismos reguladores) y una dimensión ambiental (gestión de residuos, consumo de agua, cumplimiento normativo). La variable dependiente, sostenibilidad empresarial, se operacionaliza mediante indicadores de desempeño financiero, reputacional y de permanencia en el mercado, siguiendo el criterio empleado para el mismo sector productivo (2). En cuanto a la validez y confiabilidad, se prevé adaptar el instrumento de 22 ítems mencionado a las particularidades del clúster pesquero manabita, sometiéndolo previamente a una prueba piloto y a juicio de expertos en contabilidad y auditoría. Se contemplan además los resguardos éticos propios de la investigación con actores empresariales: consentimiento informado, confidencialidad de la información contable sensible y anonimización de las respuestas a nivel de empresa. Como limitación metodológica, el muestreo no probabilístico por conveniencia restringe la posibilidad de generalizar estadísticamente los resultados al universo completo de empresas pesqueras del Ecuador, por lo que las conclusiones de un eventual estudio empírico deberán interpretarse como evidencia representativa del clúster de Manta y no como un patrón nacional.

RESULTADOS

La contabilidad social amplía los límites tradicionales de la medición financiera para incorporar las dimensiones sociales y ambientales de la actividad empresarial. Se define como el proceso de comunicar los efectos sociales y medioambientales de la actividad económica de las organizaciones a sus grupos de interés y a la sociedad en su conjunto (1), lo que implica ampliar la responsabilidad empresarial más allá de los accionistas. Un subcampo particularmente relevante es la contabilidad de gestión ambiental, descrita como un área interdisciplinar que combina las herramientas de medición propias de la contabilidad de gestión con la perspectiva biocéntrica de la contabilidad ambiental, integrando así los resultados financieros con su impacto sobre el entorno (5). A esta descripción se suman hallazgos recientes según los cuales la contabilidad ambiental enfrenta desafíos técnicos concretos, pero también abre oportunidades reales para empresas y sociedad (6); de hecho, su implementación efectiva se ha traducido en mejoras medibles de la sostenibilidad empresarial en contextos latinoamericanos comparables (7). Otros estudios amplían este panorama al mostrar que la contabilidad social no se limita a la medición ambiental, sino que incide directamente en el modelo de negocio, extendiendo la rendición de cuentas más allá del ámbito estrictamente financiero (8).

Dentro de esta disciplina pueden distinguirse tres paradigmas: el funcionalista o de mercado, basado en la teoría económica neoclásica; el interpretativo o social, que reconoce múltiples grupos de interés más allá del inversor; y el radical, que plantea transformar la función contable para rendir cuentas de las relaciones sociales de manera más amplia (1). El paradigma interpretativo resulta el más pertinente para el sector

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 263-277
DOI: https://doi.org/10.56519/m3m6b962
Agosto 2026

pesquero de Manta, pues justifica la revelación de información tanto ante los accionistas como ante empleados, comunidades costeras y organismos reguladores.

El sector pesquero de Manta enfrenta problemáticas de alto impacto ambiental asociadas al consumo del recurso hídrico, la generación de residuos y sistemas de gestión ambiental todavía incipientes. La evidencia disponible para las empresas pesqueras de Los Esteros, en Manta, muestra prácticas orientadas al cumplimiento ambiental, particularmente en gestión de desechos y control de residuos peligrosos, aunque estas prácticas se concentran en el ámbito operativo y normativo, sin integrarse sistemáticamente en los sistemas contables que respaldan la toma de decisiones estratégicas (2). Esta brecha entre la gestión ambiental operativa y su integración contable constituye el problema central de la presente investigación.

La literatura reciente confirma que esta tensión no es exclusiva del contexto ecuatoriano. Una revisión sistemática de trece estudios indexados en Scopus y Web of Science encuentra que la contabilidad de gestión ambiental sigue siendo tratada como un tema emergente, con un uso conceptual todavía superficial que revela una tendencia utilitarista más que una comprensión estructural del fenómeno (9). Un estudio sobre empresas industriales documenta, por su parte, que la contabilidad socioambiental se implementa mediante enfoques heterogéneos, sin un modelo único consolidado (10). La contabilidad del agua en empresas sustentables de México ofrece un dato relevante en sentido contrario: la incorporación de principios contables sustentables puede tener efectos positivos y medibles sobre la valoración de las empresas (11). Estos hallazgos respaldan la idea de que la contabilidad social no es un costo adicional, sino una fuente de valor.

La relación entre contabilidad social (variable independiente) y sostenibilidad empresarial (variable dependiente) es, según la evidencia disponible, positiva y multidimensional. Para las empresas pesqueras de Manta se reporta una covarianza positiva y significativa entre las prácticas financieras y no financieras ($r = 0,681$; $p = 0,001$), lo que sugiere que avanzar en la integración contable de información social y ambiental contribuye directamente al desempeño sostenible (2). Un estudio sobre la integración de la contabilidad ambiental en prácticas empresariales llega a un resultado similar: identifica barreras de implementación, principalmente de capacitación técnica y de cultura organizacional, pero concluye que los beneficios justifican su adopción y recomienda una colaboración más estrecha entre academia, industria y reguladores (12). Investigaciones que vinculan directamente la sostenibilidad empresarial con la medición del valor compartido a través de la contabilidad apuntan en la misma dirección (13).

Dos marcos teóricos sustentan esta relación. La Teoría de los Stakeholders postula que las organizaciones tienen responsabilidades ante todos los grupos afectados por sus actividades, más allá de sus accionistas (1), lo que fundamenta la necesidad de que las empresas pesqueras de Manta generen y divulguen información social y ambiental como mecanismo de rendición de cuentas. La Teoría de la Legitimidad, por su parte, sostiene que las organizaciones deben operar dentro de los límites que la sociedad considera apropiados para legitimarse ante su entorno (2); en un sector de alta visibilidad ambiental como el pesquero, la contabilidad social se convierte en el

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 263-277
DOI:
https://doi.org/10.56519/m3m6b962
Agosto 2026

instrumento mediante el cual las empresas comunican su compromiso con la sostenibilidad. Ambos marcos convergen en un punto: la contabilidad social no es un costo adicional, sino una herramienta estratégica que fortalece la posición competitiva de la empresa y asegura su permanencia en el largo plazo.

Pese al avance conceptual de la contabilidad ambiental y tridimensional, la contabilidad financiera tradicional continúa siendo la herramienta principal para la toma de decisiones en la mayoría de las organizaciones. Un estudio realizado en empresas comerciales de Cuenca, Ecuador, encontró una alta familiaridad con enfoques innovadores de contabilidad financiera, destacando la transparencia y la integración tecnológica como los aspectos más valorados por los responsables contables, aunque persisten desafíos relacionados con los costos de esa integración tecnológica y con la necesidad de adaptar la normativa contable vigente (14). Para el sector pesquero de Manta, esta evidencia subraya la necesidad de integrar métricas físicas de consumo, volumen de agua extraída, energía utilizada en la cadena de frío, directamente en los estados financieros, en lugar de tratarlas como información complementaria y desvinculada de la contabilidad formal.

Un complemento relevante a la contabilidad social es el enfoque de la economía circular, definida como un sistema restaurativo por diseño que sustituye la lógica lineal de extracción, uso y desecho por ciclos de recuperación y revalorización de recursos (15). Para el sector pesquero, este enfoque resulta particularmente pertinente: los subproductos del procesamiento industrial, vísceras, cabezas, escamas y aguas de cola, que tradicionalmente se gestionan como residuos, podrían transformarse en insumos para harina de pescado, biofertilizantes o biogás, generando ingresos adicionales y reduciendo la carga ambiental sobre el entorno costero. La adopción de suministros circulares y la recuperación de recursos a partir de los propios desechos constituyen una vía concreta mediante la cual la contabilidad social puede traducirse en valor económico verificable (15), y no únicamente en cumplimiento normativo.

La solidez empírica de la Teoría Tridimensional de la Contabilidad no se limita al sector pesquero. Evidencia obtenida en pequeñas y medianas empresas turísticas de la propia provincia de Manabí confirma que la integración de las dimensiones económica, social y ambiental de la contabilidad se asocia consistentemente con un mejor desempeño en sostenibilidad, lo que sugiere que el modelo teórico aplicado a las empresas pesqueras de Manta es generalizable, al menos parcialmente, a otros sectores productivos de la misma región (16). La Figura 1 sintetiza este modelo conceptual, mostrando cómo las tres dimensiones de la contabilidad social se articulan, a través de la Teoría de los Stakeholders y la Teoría de la Legitimidad, con la sostenibilidad empresarial del sector pesquero de Manta.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 263-277

DOI:
https://doi.org/10.56519/m3m6b962
Agosto 2026

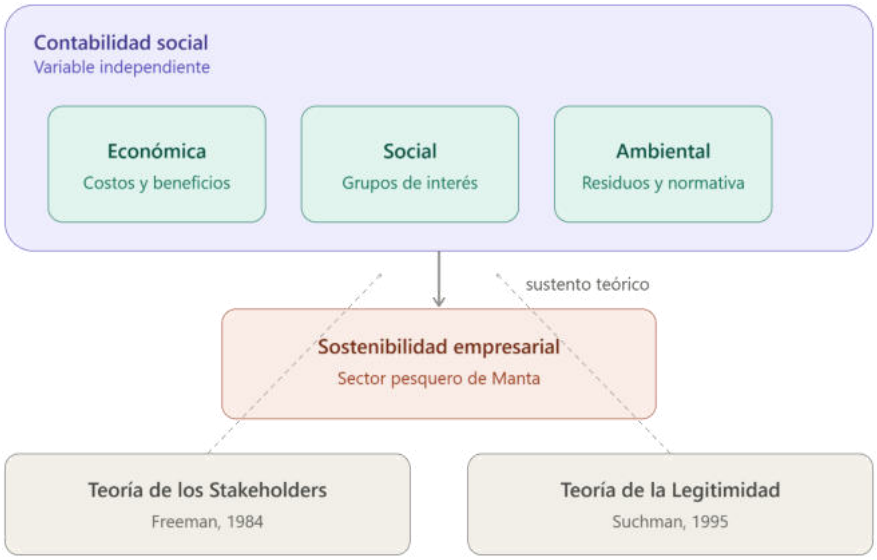


Figura 1. Modelo conceptual de contabilidad social y sostenibilidad empresarial.

Fuente: Elaboración propia.

A este par de marcos teóricos se suma, en el plano operativo, el enfoque del triple resultado o triple bottom line (9), que propone evaluar el desempeño organizacional simultáneamente en su dimensión económica, social y ambiental, en lugar de reducirlo a la utilidad financiera. Esta lógica tripartita es la que, en la práctica, adoptan los estándares de reporte de sostenibilidad más utilizados internacionalmente, y coincide con la estructura de dimensiones, económica, social y ambiental, que se emplea en el instrumento metodológico propuesto en la sección anterior. La convergencia entre la Teoría de los Stakeholders, la Teoría de la Legitimidad y el enfoque del triple resultado sugiere que la contabilidad social no debe entenderse como tres agendas paralelas, sino como un mismo sistema de información con tres dimensiones interdependientes.

La Teoría de la Legitimidad, aplicada al sector pesquero de Manta, resalta la necesidad de reducir la brecha entre el desempeño real de la organización y las expectativas de su entorno social e institucional (2): la legitimidad pragmática, sustentada en el intercambio directo de beneficios con los grupos de interés más próximos, trabajadores, comunidades costeras, clientes, y la legitimidad moral y cognitiva, sustentada en la percepción social más amplia de que la actividad extractiva se ejerce de manera apropiada. Mientras la Teoría de los Stakeholders explica a quién debe rendir cuentas la empresa pesquera, la Teoría de la Legitimidad explica por qué le conviene hacerlo de manera visible y verificable: la divulgación de información social y ambiental funciona como un mecanismo de señalización que reduce la distancia entre el desempeño real de la organización y las expectativas de su entorno. La Tabla 1 sintetiza los principales hallazgos de la literatura empírica revisada, organizados por autor, contexto y hallazgo principal, que sustentan las relaciones descritas en esta sección.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 263-277
DOI: https://doi.org/10.56519/m3m6b962
Agosto 2026

Tabla 1. Síntesis de la literatura empírica revisada (2021-2026).

Autor(es) [ref.]	Contexto	Hallazgo principal
Alegre Brítez (13)	Paraguay	Relaciona sostenibilidad y contabilidad con la medición del valor compartido.
Arias Suárez y Cano Mejía (5)	Conceptual, Latinoamérica	Definen la contabilidad de gestión ambiental como subcampo interdisciplinar que integra medición financiera y perspectiva biocéntrica.
Camargo Estrella (6)	Conceptual	Identifica desafíos y oportunidades de la contabilidad ambiental para empresas y sociedad.
Carrillo González y Pomar Fernández (15)	Modelos de negocio	La economía circular permite revalorizar residuos y recuperar recursos como fuente de ventaja competitiva.
Chamorro-Quiñónez (7)	Empresas, Latinoamérica	La contabilidad ambiental tiene un impacto medible sobre la sostenibilidad empresarial.
Díaz-Domínguez y Silva-López (17)	Empresa pesquera industrial, Cuba	Proponen un procedimiento contable para integrar la dimensión ambiental al sistema de información financiera; evidencian que los elementos ambientales no suelen estar integrados en la contabilidad formal de empresas pesqueras.
Díaz Gil (8)	Modelo de negocio empresarial	La contabilidad social incide en el modelo de negocio, ampliando la rendición de cuentas más allá de lo financiero.
Maestre Macías y Loor Alcívar (2)	Empresas pesqueras de Los Esteros, Manta	Covarianza positiva y significativa entre prácticas financieras y no financieras ($r = 0,681$; $p = 0,001$); validan un instrumento de 22 ítems.
Moscoso Córdova et al. (9)	Revisión sistemática (Scopus / Web of Science)	La contabilidad de gestión ambiental es un tema emergente, con uso conceptual todavía superficial y enfoque utilitarista.
Párraga Franco et al. (16)	Pymes turísticas, Manabí	Confirman la validez empírica de la Teoría Tridimensional de la Contabilidad en otro sector productivo de la misma región.
Pérez y Ritacca (1)	Sudamérica	Trazan la evolución retrospectiva de la contabilidad social y ambiental en la región y confirman su vigencia actual.
Sánchez-Caguana et al. (12)	Prácticas empresariales	Identifican barreras de capacitación técnica y cultura organizacional, pero concluyen que los beneficios justifican su adopción.
Sinforoso Martínez et al. (11)	Empresas sostenibles, México	La incorporación de principios contables sustentables referidos al agua genera efectos positivos y medibles en la valoración de las empresas.
Vargas González et al. (10)	Empresas industriales	La contabilidad socioambiental se implementa mediante enfoques

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 263-277
DOI: https://doi.org/10.56519/m3m6b962
Agosto 2026

		heterogéneos, sin un modelo único consolidado.
Vásquez-Sánchez y Reyes-Cárdenas (14)	Empresas comerciales, Cuenca-Ecuador	Alta familiaridad con enfoques innovadores de contabilidad financiera; la transparencia y la integración tecnológica son los aspectos más valorados, aunque persisten desafíos de costo y normativos.

Fuente: Elaboración propia a partir de las referencias citadas en la tabla.

DISCUSIÓN

Los resultados de la revisión de literatura respaldan la hipótesis planteada: que la contabilidad social incide positivamente en la sostenibilidad de las empresas pesqueras de Manta. Esta lectura se sustenta en la evidencia empírica acumulada en el contexto local y regional, que muestra de manera consistente una brecha entre las prácticas ambientales existentes y su integración en los sistemas contables formales (2,17). La revisión sistemática de trece estudios indexados confirma que este patrón no es exclusivo de Manta ni del Ecuador: en el conjunto de estudios analizados, la contabilidad sustentable continúa aplicándose de forma fragmentada, sin profundizar en su potencial como sistema integral de información (9).

Al triangular estas fuentes se observa una convergencia relevante: tanto en el sector pesquero de Manta como en industrias de otros países, la contabilidad social parece funcionar mejor como herramienta de legitimación y gestión de riesgos que como sistema de medición exhaustivo. La evidencia disponible sobre contabilidad del agua y sobre contabilidad socioambiental en empresas industriales documenta, en contextos distintos, que la incorporación de principios contables sustentables genera valor tangible, mejoras en la valoración de mercado, mayor transparencia ante inversionistas (10,11), lo que respalda la Teoría de la Legitimidad como marco explicativo también aplicable al sector pesquero manabita: cuanto mayor es la visibilidad social y ambiental de una actividad extractiva, mayor es el incentivo de la empresa para adoptar mecanismos de contabilidad social que legitimen su operación. La Tabla 2 resume esta convergencia entre los marcos teóricos revisados y la evidencia empírica que la respalda.

Tabla 2. Convergencia entre marco teórico y evidencia empírica revisada.

Dimensión / hipótesis	Evidencia de respaldo	Marco teórico	Implicación para el sector pesquero de Manta
Contabilidad social → sostenibilidad (relación positiva)	Maestre y Loor (2); r = 0,681	Teoría de los Stakeholders	Legitima la rendición de cuentas ante grupos de interés
Visibilidad ambiental → adopción de contabilidad social	Sinforoso Martínez et al. (11); Vargas González et al. (10)	Teoría de la Legitimidad	Mayor incentivo a divulgar desempeño ambiental
Barreras de implementación	Sánchez-Caguana et al. (12)	—	Capacitación y cultura organizacional como condición habilitante

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 263-277
DOI: https://doi.org/10.56519/m3m6b962
Agosto 2026

Regímenes de poder y crítica social	Arias Suárez y Cano Mejía (18); Cabrera-Narváez y Quinche-Martín (19)	Enfoque crítico / foucaultiano	Cuestiona la neutralidad técnica de la contabilidad; las contracuentas presionan hacia mayor transparencia

Fuente: elaboración propia.

Una lectura crítica de esta evidencia obliga a matizar la narrativa puramente instrumental de la contabilidad social. Parte de la literatura reciente advierte que los sistemas de costos tradicionales pueden funcionar como dispositivos de control y de poder que invisibilizan los impactos socioambientales bajo eufemismos como "ahorro" o "eficiencia" (18), lo que cuestiona la neutralidad técnica que suele atribuirse a la información contable. En este mismo sentido, las denominadas contracuentas, informes alternativos elaborados por movimientos sociales y comunidades afectadas, se han consolidado como un ejercicio de crítica que visibiliza los conflictos socioambientales que la contabilidad oficial de las empresas tiende a omitir (19). Para el clúster pesquero de Manta, esta perspectiva es relevante: la presión de comunidades costeras y organizaciones ambientales podría funcionar, en la práctica, como un mecanismo externo de exigencia de transparencia tan importante como los propios incentivos de legitimación descritos por la Teoría de la Legitimidad.

Esta discusión también puede situarse en relación con la literatura sobre modelos organizacionales emergentes. La evidencia sobre start-ups y empresas jóvenes en contextos transcomplejos muestra que estas organizaciones, al operar con estructuras más flexibles y apoyadas en tecnologías digitales, suelen adoptar con mayor rapidez modelos de negocio innovadores que integran criterios de sostenibilidad (20). Si bien el sector pesquero de Manta está compuesto mayoritariamente por empresas consolidadas y no por start-ups, esta evidencia sugiere que la velocidad de adopción de la contabilidad social podría relacionarse también con el tamaño organizacional y la flexibilidad estructural de cada empresa, una variable que el instrumento metodológico propuesto no contempla explícitamente y que futuras investigaciones podrían incorporar.

El optimismo de esta lectura, sin embargo, debe matizarse. La evidencia sobre la implementación efectiva de la contabilidad ambiental advierte obstáculos concretos: falta de capacitación técnica del personal contable, ausencia de políticas internas claras y resistencia cultural al cambio (12). Estos obstáculos son plausibles también en el sector pesquero de Manta, donde la gestión contable suele estar subordinada a requerimientos tributarios y de cumplimiento normativo básico, más que a una visión estratégica de sostenibilidad. Cerrar la brecha identificada, por lo tanto, no depende únicamente de la existencia de un marco teórico sólido, que sí existe, sino de condiciones organizacionales concretas: capacitación, voluntad gerencial y presión de los grupos de interés.

Esta tensión remite, en última instancia, a un debate conceptual más amplio: el que plantea reconceptualizar la contabilidad no como un sistema orientado exclusivamente a satisfacer el interés crematístico del capital, sino como una disciplina capaz de responder a las necesidades humanas y a la preservación del entorno biosférico (21). Adoptar esta perspectiva no resta relevancia al argumento estratégico y competitivo

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 263-277
DOI: https://doi.org/10.56519/m3m6b962
Agosto 2026

desarrollado en este artículo, pero sí matiza su alcance: la contabilidad social en el sector pesquero de Manta debería entenderse tanto como herramienta de legitimación empresarial como mecanismo de rendición de cuentas ante las comunidades y los ecosistemas de los que la actividad extractiva depende.

De confirmarse esta relación en un estudio empírico posterior, la implementación sistemática de contabilidad social permitiría a las empresas pesqueras de Manta mejorar su gestión de riesgos ambientales, fortalecer su relación con comunidades costeras y trabajadores, y avanzar hacia modelos de negocio alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. La contabilidad social se consolidaría así no como un costo de cumplimiento, sino como una herramienta estratégica de creación de valor y legitimidad social.

Conviene precisar los alcances de este análisis. Al tratarse de una revisión sistemática y una propuesta metodológica, y no de un estudio con datos primarios, las relaciones aquí discutidas tienen carácter de hipótesis fundamentada en evidencia indirecta y comparada, no de hallazgo estadístico propio; su valor radica en ofrecer un mapa teórico y un instrumento ya validado en un contexto análogo, más que en una conclusión causal definitiva. Desde la perspectiva de política pública, los resultados sugieren un rol activo para los organismos de control pesquero y ambiental de Manta: incentivar, mediante mecanismos de reconocimiento o simplificación normativa, la adopción voluntaria de sistemas de contabilidad social podría acelerar una transición que, dejada únicamente a la lógica de cumplimiento mínimo documentada en la literatura revisada, avanzaría con mayor lentitud (12). Para las propias empresas, la implicación práctica es que la inversión en capacitación contable especializada, identificada como la principal barrera, debe entenderse como una condición habilitante, y no como un costo adicional desligado de la estrategia.

CONCLUSIONES

La revisión de literatura confirma que la contabilidad social constituye una herramienta con potencial estratégico para el sector pesquero de Manta, en tanto permite traducir los impactos ambientales y sociales de la actividad extractiva en información gestionable y comunicable. La evidencia local disponible (2) y la evidencia comparada de otros contextos industriales (9,10,11), junto con estudios que vinculan explícitamente la sostenibilidad ambiental con la responsabilidad social empresarial (4), convergen en señalar que, si bien las empresas suelen cumplir con normativas ambientales básicas, la integración de esta información en los sistemas contables formales continúa siendo incompleta. Esta brecha, más organizacional y cultural que teórica, es el principal desafío que enfrenta la sostenibilidad empresarial del sector.

Los fundamentos teóricos revisados, la Teoría de los Stakeholders y la Teoría de la Legitimidad, respaldan de manera consistente la hipótesis de que la contabilidad social fortalece la posición competitiva de las empresas y su permanencia en el largo plazo, más allá del cumplimiento normativo. No obstante, la evidencia también invita a matizar cualquier conclusión optimista: la implementación efectiva depende de condiciones organizacionales, capacitación técnica, voluntad gerencial y presión de los grupos de interés, que no están garantizadas por la sola existencia de un marco teórico favorable.

Se recomienda que futuras investigaciones apliquen el instrumento metodológico propuesto a una muestra representativa de empresas pesqueras de Manta, con el fin de contrastar empíricamente la relación proyectada en este artículo, y que exploren el rol de la capacitación contable especializada como variable moderadora entre la existencia de un marco normativo ambiental y su efectiva traducción en sistemas de contabilidad social, ampliando además el análisis comparativo con otros clústeres pesqueros de la región latinoamericana. En conjunto, este artículo aporta un marco teórico integrado, que articula la Teoría de los Stakeholders, la Teoría de la Legitimidad y el enfoque del triple resultado, y una ruta metodológica replicable, lista para ser aplicada en el estudio empírico que esta investigación deja planteado como paso siguiente.

Finalmente, la incorporación del enfoque de economía circular, mediante la revalorización de subproductos del procesamiento pesquero, y de una visión más amplia de la contabilidad, orientada a las necesidades humanas más allá del lucro empresarial (21), amplían el alcance estratégico de la contabilidad social más allá del cumplimiento normativo (15), abriendo una segunda línea de investigación aplicada para el clúster pesquero de Manta.

DECLARACIÓN DE INTERÉS

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés relacionado con este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pérez VG, Ritacca MI. Contabilidad social y ambiental. Referencia retrospectiva y su actualidad en Sudamérica. Ejes de Economía y Sociedad. 2022;6(11):257-73. doi: 10.33255/25914669/61030
2. Maestre Macías IB, Loor Alcívar MI. La contabilidad tridimensional para evaluar el compromiso ambiental en el sector pesquero de Los Esteros, Manta. Horizon Nexus Journal. 2026;4(2):76-89. doi: 10.70881/hnj/v4/n2/130
3. Murrieta Martínez N, López Castro EM, Báez Hernández D. La contabilidad ambiental y su relación con la responsabilidad social empresarial. Ciencia Administrativa. 2023;(2):1-14. ISSN: 1870-9427
4. Loor Quijije LA, Zambrano Alcívar KG. La sostenibilidad ambiental y la responsabilidad social empresarial. Desafío Organizacional. 2025;3(1):1-8. doi: 10.51260/desafio_organizacional.v3i1.531
5. Arias Suárez JD, Cano Mejía V. Contabilidad de Gestión Ambiental: avances conceptuales para construir una contabilidad para la sustentabilidad. Apuntes Contables. 2024;(35):25-47. doi: 10.18601/16577175.n35.03
6. Camargo Estrella JA. Contabilidad ambiental: desafíos y oportunidades para empresas y sociedad en el cuidado del medio ambiente. Revista de Investigación Académica Sin Frontera. 2024;(41). doi: 10.46589/riasf.vi41.686
7. Chamorro-Quiñónez JG. Impacto de la contabilidad ambiental en la sostenibilidad empresarial. Revista Científica Ciencia y Método. 2025;3(1):15-29. doi: 10.55813/gaea/rcym/v3/n1/33

8. Díaz Gil ND. La contabilidad social y su efecto en el modelo de negocio empresarial. Aibi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería. 2024;12(2):182-95. doi: 10.15649/2346030X.3224
9. Moscoso Córdova JL, Chango Galarza MC, Pinda Guanolema BR, Urbina Poveda MA. La contabilidad y su relación con la gestión sostenible de los recursos naturales: una revisión sistemática de enfoques. Pacha. Revista de Estudios Contemporáneos del Sur Global. 2025;6(19):e250462. doi: 10.46652/pacha.v6i19.462
10. Vargas González V, Gallego GG, Hernández AC. Contabilidad socio-ambiental en empresas industriales: diversos enfoques para su implementación. Revista Venezolana de Gerencia. 2024;29(Especial 11):793-810. doi: 10.52080/rvgluz.29.e11.47
11. Sinforoso Martínez S, Álvarez Velázquez E, Salas Benítez L. Contabilidad ambiental del agua en empresas sustentables establecidas en México. Revista Venezolana de Gerencia. 2021;26(Especial 5):614-31. doi: 10.52080/rvgluz.26.e5.39
12. Sánchez-Caguana DF, Landázuri-Álvarez MB, Ramírez-Martínez SL, Acosta-Muñoz MM. Desarrollo Sostenible y Contabilidad: Integrando la Contabilidad Ambiental en Prácticas Empresariales. Journal of Economic and Social Science Research. 2024;4(2):157-77. doi: 10.55813/gaea/jessr/v4/n2/105
13. Alegre Brítez M. Relación entre sostenibilidad y contabilidad para la medición del valor compartido. Revista de la Sociedad Científica del Paraguay. 2025;30(2):75-86. doi: 10.32480/rscp.2025.30.2.7586
14. Vásquez-Sánchez MV, Reyes-Cárdenas NA. Contabilidad financiera 2.0: estrategias innovadoras para empresas comerciales. Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas. 2024;7(S2):146-56. doi: 10.62452/c6as5b16
15. Carrillo González G, Pomar Fernández S. La economía circular en los nuevos modelos de negocio. Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento. 2021;9(23):1-16. doi: 10.22201/enesl.20078064e.2021.23.79933
16. Párraga Franco SM, Moreira Largacha JM, Loor Alcívar M, Zambrano Loor RM. Teoría tridimensional de contabilidad en las pymes turísticas de Manabí: enfoque hacia la sostenibilidad empresarial. Revista Internacional de Gestión, Innovación y Sostenibilidad Turística (RIGISTUR). 2025;5(1):26-35. doi: 10.51260/rigistur.v5i1.552
17. Díaz-Domínguez D, Silva-López CA. Procedimiento para información financiera medioambiental en la Empresa Pesquera Industrial de Cienfuegos. Ciencias Holguín. 2021;27(3):66-77. ISSN: 1027-2127
18. Arias Suárez JD, Cano Mejía V. Contabilidad de gestión y regímenes de poder: revisión de la literatura y reflexión crítica sobre los eufemismos de los sistemas de costos en las organizaciones. Innovar. 2021;31(82):45-64. doi: 10.15446/innovar.v31n82.98427
19. Cabrera-Narváez A, Quinche-Martín FL. Movimientos sociales y contabilidad social y ambiental: el rol de las contracuentas como ejercicio de la crítica. Innovar. 2021;31(82):125-44. doi: 10.15446/innovar.v31n82.98428
20. Arévalo Molina DE, Fuenmayor Ramírez NA, Abreu Fuentes JR, Marín Gómez CM. Start-ups: modelo de negocios emergentes para dinamizar y revitalizar los mercados desde la transcomplejidad. Revista Venezolana de Gerencia. 2021;26(Especial 5):444-58. doi: 10.52080/rvgluz.26.e5.29

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 263-277

DOI:
https://doi.org/10.56519/m3m6b962
Agosto 2026

21. Rojas-Rojas W, Ospina-Zapata CM, Cardona JD, Ocampo-Salazar CA, García D. Perspectivas para la reconceptualización de la contabilidad en el marco de las necesidades humanas. Innovar. 2021;31(82):223-44. doi: 10.15446/innovar.v31n82.98424

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 278-296

DOI:
https://doi.org/10.56519/3z2v7634
Agosto 2026

APLICACIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA FORTALECER LA SOSTENIBILIDAD Y COMPETITIVIDAD DE LOS EMPRENDIMIENTOS EMPRESARIALES EN ECUADOR

APPLICATION OF MATHEMATICAL MODELS TO STRENGTHEN THE SUSTAINABILITY AND COMPETITIVENESS OF BUSINESS VENTURES IN ECUADOR

Charles Fabián Barreno Flores [1], Christopher Vlad Cedeño Cruz [2], Franklin David Espinoza Sanaguano[3]

{cbarreno1@utmachala.edu.ec[1], ccedeno1@utmachala.edu.ec[2], fespinoza1@utmachala.edu.ec[3]}

Fecha de recepción: 13/07/2026 / Fecha de aceptación: 16/08/2026 / Fecha de publicación: 25/08/2026

RESUMEN: Los emprendimientos y las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMEs) son motores fundamentales de la economía ecuatoriana; sin embargo, su supervivencia es frágil debido a la falta de planificación estratégica y herramientas de gestión adecuadas a los requerimientos administrativos, principalmente en lo que se refiere a la implementación de modelos matemáticos financieros de utilidad práctica en el día a día. Por esto, el objetivo principal de esta investigación es analizar la importancia de los modelos matemáticos en la eficiencia de la gestión empresarial de los emprendimientos en Ecuador, y así determinar su utilidad en la reducción de la incertidumbre, la metodología empleada es de enfoque cualitativo, de alcance descriptivo, en el que se emplea un diseño no experimental y de corte transversal, en la que se implementa como técnica de recolección de datos la revisión sistemática de bibliografía de publicaciones comprendidas entre los años 2022 y 2026, empleando el método prisma. Los hallazgos obtenidos al analizar investigaciones científicas de otros autores, revelan una marcada tendencia hacia la gestión empírica e intuitiva de los emprendedores en Ecuador y otros países de América Latina, identificando la existencia de una distancia significativa entre la teoría financiera y su ejecución práctica, herramientas como la programación lineal y el análisis predictivo incrementa significativamente la eficiencia y la rentabilidad, siendo los recursos tecnológicos intangibles el factor de mayor impacto en el rendimiento organizativo. Se concluye que la sostenibilidad de los emprendimientos depende de la transición hacia una planificación basada en datos y modelos cuantitativos que permitan identificar puntos de equilibrio y optimizar recursos, por lo cual, resulta imperativo fortalecer la formación técnica de los gestores para mitigar riesgos y asegurar la competitividad en mercados volátiles.

Palabras clave: ***Modelos matemáticos, emprendimiento, gestión administrativa, toma de decisiones, sostenibilidad financiera***

[1]Universidad Técnica de Machala, https://orcid.org/0000-0002-6494-7143
[2]Universidad Técnica de Machala, https://orcid.org/0009-0000-6093-3855
[3]Universidad Técnica de Machala, https://orcid.org/0009-0004-5019-5608

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 278-296
DOI: https://doi.org/10.56519/3z2v7634
Agosto 2026

ABSTRACT: Entrepreneurship and micro, small, and medium-sized enterprises (MSMEs) are fundamental drivers of the Ecuadorian economy; however, their survival is fragile due to a lack of strategic planning and management tools suited to administrative requirements, particularly regarding the implementation of practical financial mathematical models for daily operations. Therefore, the main objective of this research is to analyze the importance of mathematical models in the efficiency of business management for entrepreneurship in Ecuador, and thus determine their usefulness in reducing uncertainty. The methodology employed is qualitative, descriptive, and uses a non-experimental, cross-sectional design. Data collection is carried out through a systematic literature review of publications from 2022 to 2026, using the PRISMA method. The findings obtained from analyzing scientific research by other authors reveal a marked trend toward empirical and intuitive management by entrepreneurs in Ecuador and other Latin American countries. A significant gap exists between financial theory and its practical application. Tools such as linear programming and predictive analytics significantly increase efficiency and profitability, with intangible technological resources being the factor with the greatest impact on organizational performance. It is concluded that the sustainability of ventures depends on the transition to planning based on data and quantitative models that allow for the identification of break-even points and the optimization of resources. Therefore, it is imperative to strengthen the technical training of managers to mitigate risks and ensure competitiveness in volatile markets.

***Keywords**: Mathematical models, entrepreneurship, administrative management, decision-making, financial sustainability*

INTRODUCCIÓN

En el momento actual, los emprendimientos, las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMEs) se han consolidado como importantes motores de la actividad económica y la generación de empleo, tanto en Ecuador como a nivel global, esto responde en gran medida al impacto de las nuevas tecnologías y la transición de las actividades comerciales hacia la era digital, así como, la necesidad de la población de construir medios de ingreso independientes frente a la incertidumbre financiera de los últimos tiempos tanto a nivel nacional como internacional, contribuyendo a dinamizar las economías emergentes (1).

Sin embargo, su permanencia en el tiempo aún se considera frágil en el contexto ecuatoriano, a pesar de tener una de las tasas de actividad emprendedora más altas de Latinoamérica, se registran niveles críticos de discontinuidad y permanencia, esto puede atribuirse a la falta de planificación estratégica y la implementación de herramientas de gestión adecuadas (8). A pesar del indiscutible rol de las MiPyMEs como dinamizadoras del desarrollo local, persiste una desconexión significativa entre la rigurosidad abstracta de la matemática financiera y la toma de decisiones cotidianas del pequeño empresario. Esta brecha teórico-práctica no ha sido resuelta de manera efectiva hasta el momento lo cual genera un vacío en este campo del conocimiento, la mayoría de los modelos de gestión tradicionales han sido formulados para empresas y

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 278-296
DOI: https://doi.org/10.56519/3z2v7634
Agosto 2026

corporaciones grandes con una estructura formal, por otra parte, en el ámbito pedagógico.

La enseñanza de las matemáticas aplicadas a la administración se ha caracterizado históricamente por enfoques rígidos, teóricos y descontextualizados, esta falta de articulación didáctica genera una baja motivación hacia el aprendizaje e incluso una marcada ansiedad en los estudiantes, así como la falta de interés para aplicarlas en situaciones de la vida cotidiana o procesos comerciales de iniciativa particular, además los microempresarios que inician sus negocios de manera empírica suelen basar su gestión en la intuición o en la urgencia del flujo de caja diario por temor o desconfianza hacia los métodos formales, que pueden llegar a considerar complicados o exclusivos de las entidades bancarias o sobreestiman sus propias habilidades y experiencias previas, asumiendo erróneamente que la planificación estratégica y técnica no es necesaria para la supervivencia del negocio (1).

Es por esto que la presente investigación busca profundizar en un área poco explorada y contribuir con aportes sólidos y prácticos, para la aplicación eficiente de las herramientas que la matemática puede proporcionar de manera tangible, analizando la forma en la cual la aplicación de límites algebraicos, programación lineal y análisis predictivo actúan como herramientas de diagnóstico preventivo y aportando un marco de alfabetización financiera contextualizado que traduce la precisión científica en decisiones operativas viables para todos los micrempesarios.

La competitividad de cualquier organización comercial se encuentra vinculada a su capacidad para innovar y adaptarse a un mercado globalizado en constante transformación. Las investigaciones científicas en este campo han evolucionado desde postulados meramente teóricos hacia modelos centrados en el análisis de factores determinantes del éxito y la sostenibilidad organizacional, en este contexto, los modelos matemáticos se definen como estructuras lógicas y representaciones simplificadas de la realidad que utilizan principios estadísticos para describir, analizar y prever comportamientos complejos.

“El modelo matemático es una herramienta efectiva para la gestión empresarial [...] permitiendo obtener soluciones cuantitativas precisas, brindando una base sólida para la toma de decisiones informadas y efectivas en el contexto empresarial" (19). Su importancia radica en que representan un vínculo fundamental entre la teoría académica y la ejecución práctica, facilitando una mayor comprensión superior de las causas que incentivan el desarrollo empresarial (1; 16).

A pesar de su utilidad, existe una falta de coherencia significativa entre la teoría de la matemática financiera y la práctica empresarial real en la que predominan las decisiones basadas en la intuición, la experiencia empírica o la urgencia del flujo de caja diario, dejando de lado el análisis técnico sobre el valor del dinero, las tasas de interés o la rentabilidad proyectada.

La matemática financiera, como disciplina, ofrece herramientas racionales para evaluar decisiones relacionadas con el valor del dinero en el tiempo, tasas de interés, financiamiento, inversión, amortización y rentabilidad (5). Las investigaciones en este

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 278-296
DOI: https://doi.org/10.56519/3z2v7634
Agosto 2026

campo revelan que los emprendedores rara vez aplican conocimientos estructurados, en su gestión comercial, lo que incrementa la exposición a riesgos financieros innecesarios y compromete la eficiencia de la organización (Chocobar-Reyes, 2023).

La implementación de herramientas cuantitativas, como la programación lineal, permite a las empresas asignar de manera óptima recursos como capital, materias primas y mano de obra con el fin de maximizar utilidades o minimizar costos operativos (9).

Más allá de la contabilidad básica, la toma de decisiones puede tecnificarse mediante el cálculo. Sánchez (2023) propone un modelo donde 'los datos son gestionados en una única ecuación que, al ser derivada matemáticamente, permite establecer el valor económico de un producto" (p. 1), lo que otorga al emprendedor una base científica para elegir la estrategia de segmentación más rentable (2).

Asimismo, el análisis predictivo transforma grandes volúmenes de datos en conocimientos prácticos, permitiendo a las organizaciones anticipar demandas del mercado, detectar vulnerabilidades y fortalecer sus condiciones operativas (17), en la actualidad, la integración de tecnologías como la inteligencia artificial potencia la eficiencia administrativa y la resiliencia frente a la volatilidad de los mercados, no obstante, la apropiación efectiva de estos modelos enfrenta barreras culturales y cognitivas críticas (3).

Las nuevas tecnologías incluyendo la inteligencia artificial proporcionan importantes aportes para el manejo de distintas funciones matemáticas y financieras, los hallazgos de Colmenero-Fonseca et al. (2026) demostrando que la relación entre la modelación matemática formal y la IA no solo es teórica, sino que tiene efectos prácticos contundentes. En sus simulaciones, la aplicación de algoritmos de aprendizaje automático para optimizar recursos energéticos y productivos permitió un "incremento potencial del desarrollo económico de hasta un 40 % "(p. 7930). Esto refuerza la idea de que la competitividad moderna depende de la capacidad de los modelos para "identificar patrones no lineales y optimizar decisiones" (p. 7933) en entornos de alta incertidumbre" (4).

De forma general los emprendedores desconocen la manera de implementar estas herramientas, y existe una percepción generalizada de que son excesivamente complicadas o ajenas a la realidad de los pequeños negocios, "predominan decisiones intuitivas, basadas en experiencias personales, asesorías informales o la urgencia del flujo de caja diario. Esta desconexión entre la teoría y la práctica ha originado brechas significativas que pueden comprometer la eficiencia económica de los emprendimientos" (5).

Por otra parte, factores sociales y la falta de una formación financiera contextualizada limitan el uso de fórmulas técnicas, reforzando una cultura empresarial basada en la supervivencia inmediata más que en la planificación a largo plazo (6). La transición de un emprendimiento empírico a uno tecnificado requiere que el gestor abandone la dependencia exclusiva de la intuición.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 278-296
DOI: https://doi.org/10.56519/3z2v7634
Agosto 2026

La adopción de modelos basados en la teoría de la utilidad esperada y la decisión bayesiana permite a las organizaciones "identificar escenarios, presentar cálculos de probabilidades, anticiparse a situaciones adversas, externalidades y toma de decisiones para mitigar impactos y aprovechar oportunidades" (7). Este cambio de paradigma es vital para transformar una iniciativa de subsistencia en una empresa sostenible en el tiempo.

Es por esto que la presente investigación se plantea como objetivo principal analizar la importancia de los modelos matemáticos en la eficiencia de la gestión empresarial de los emprendimientos en el Ecuador. Con el fin de dar a conocer su utilidad, y los beneficios de su implementación a través de diferentes medios y procesos de formación, teniendo en consideración que el éxito de este tipo de negocios contribuye al fortalecimiento económico a nivel nacional.

Para orientar el desarrollo y la discusión, se planteó como hipótesis de trabajo:

La adopción sistemática de modelos cuantitativos estructurados, como la programación lineal, los límites algebraicos y el análisis predictivo, respaldado por un modelo didáctico interdisciplinario y de alfabetización financiera permitirá superar el carácter intuitivo y empírico de la gestión tradicional que llevan a cabo los emprendedores y pequeños negocios en el Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se orienta bajo un enfoque cualitativo con un alcance de carácter descriptivo y explicativo. Se emplea un diseño no experimental y de corte transversal, utilizando la revisión sistemática de literatura a través de la metodología prisma, como técnica principal de recolección de información. Es cualitativa y no experimental dado que se analizan y observan los fenómenos en su entorno natural sin la manipulación deliberada de las variables de estudio, mientras que el corte transversal se justifica al delimitar el análisis de los datos a un periodo temporal específico comprendido entre los años 2022 al 2026 (1).

Su alcance es descriptivo porque permite caracterizar de manera sistemática y ordenada las particularidades del estado actual de la gestión financiera y los modelos matemáticos cuantitativos en la eficiencia de la toma de decisiones gerenciales de los emprendimientos. Para la fundamentación de este proceso, se llevó a cabo una exploración exhaustiva y abstracción científica de fuentes escritas y registros formales que dotan de validez científica al marco teórico de la investigación. La recolección de datos se estructuró a partir de una búsqueda sistemática de literatura científica en bases de datos de alta relevancia y rigor académico, tales como Scielo, Redalyc, Dialnet y Scopus, además de repositorios universitarios oficiales (2).

La ruta de búsqueda y selección documental se guio bajo los lineamientos metodológicos del sistema de filtrado y depuración estructurada. Los términos de búsqueda y descriptores claves empleados, tanto en idioma español como inglés, fueron gestionados mediante operadores booleanos, estructurando la siguiente

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 278-296
DOI: https://doi.org/10.56519/3z2v7634
Agosto 2026

sintaxis de consulta: “modelos matemáticos” OR “programación lineal” OR “límites algebraicos”, AND, “emprendimiento” OR “MiPyMEs”, AND, “toma de decisiones” OR “sostenibilidad financiera” (1, 2).

Se establecieron criterios estrictos de elegibilidad para la depuración y eliminación de documentos, los criterios de inclusión consideraron que fueran estudios empíricos, experimentales o de revisión publicados preferentemente en un rango de antigüedad no mayor a cinco años desde el 2022 al 2026, priorizando la literatura científica más reciente, investigaciones enfocadas directamente en la aplicación de modelos cuantitativos, análisis predictivo o algoritmos de optimización matemática en el contexto de la gestión administrativa, de servicios o de producción de microemprendimientos y MiPyMEs en Ecuador y América Latina.

Como criterios de exclusión se consideró no admitir investigaciones de modelación matemática abstracta o teórica pura que no presenten una aplicación práctica o relación directa con la administración de empresas o la toma de decisiones corporativas, publicaciones duplicadas en las bases de datos consultadas, documentos sin rigor metodológico explícito o aquellos que no pertenecieran a las áreas temáticas de negocios, economía o ciencias de la decisión.

La información extraída de los documentos seleccionados se organizó y tabuló minuciosamente en una matriz de análisis, que permitió clasificar las investigaciones analizadas bajo tres ejes de categorización, identificación de la fuente, señalando el autor, año de publicación, país de procedencia y base de datos de origen. La dimensión matemática aplicada, en la cual se señalará la identificación del modelo analizado, por ejemplo, la programación lineal, regresión múltiple, límites algebraicos o simulación estocástica. La variable operativa evaluada, en este caso, el impacto documentado en las dimensiones de rentabilidad, minimización de costos, optimización de recursos, volumen de producción o reducción del riesgo financiero, los hallazgos obtenidos fueron contrastados y contextualizados teniendo en consideración la dimensión cultural, educativa y económica de Ecuador frente a la realidad latinoamericana (4).

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 278-296
DOI:
https://doi.org/10.56519/3z2v7634
Agosto 2026

RESULTADOS

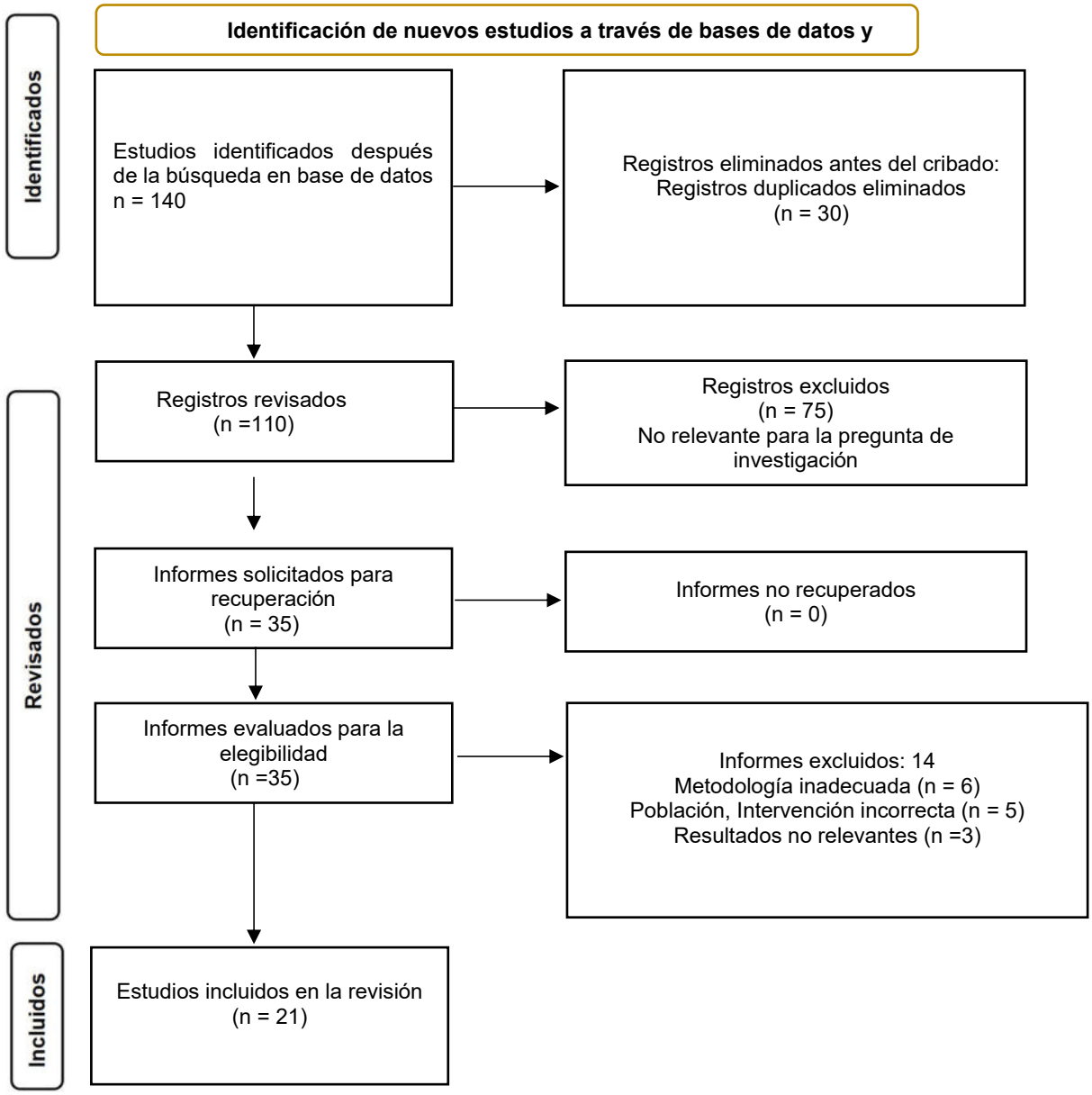


Figura 1. Selección de Artículos de Investigación aplicando el Método Prisma.

El proceso de selección y depuración de la literatura científica se estructuró bajo los estándares de la declaración PRISMA 2020. La búsqueda inicial en las bases de datos PubMed, Scopus y Cochrane reportó un total de 140 registros potenciales, luego de eliminar 30 registros duplicados, un total de 110 artículos fueron sometidos a una revisión inicial de título y resumen, excluyéndose 75 documentos por no guardar relación directa con la pregunta de investigación o por carecer de un enfoque de aplicación práctica.

Posteriormente, se solicitaron 35 informes para su recuperación completa, lográndose recuperar la totalidad de ellos. En la fase de elegibilidad, se realizó una lectura crítica a texto completo de los 35 informes, excluyendo 14 artículos debido a las siguientes

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 278-296
DOI: https://doi.org/10.56519/3z2v7634
Agosto 2026

causas específicas: metodología inadecuada (n = 6), ámbito de aplicación incorrecto (n = 5) y resultados no relevantes para el análisis de modelación matemática (n = 3). Finalmente, 21 estudios empíricos y experimentales cumplieron rigurosamente con todos los criterios de inclusión y fueron incorporados en la revisión sistemática para su posterior tabulación y análisis

Tabla 1. Matriz de Sistematización y Análisis Documental.

Fuente (Vancouve	**País de Procedencia / Base de Datos**	**Dimensión Matemática Aplicada**	**Variable Operativa Evaluada**	**Hallazgo / Aporte Clave de la Modelación**
Sánchez (2023) [2]	Costa Rica *Revista Nacional de Administración*	**Cálculo Diferencial** (Ecuación de mercado basada en derivadas de primer orden)	• Estrategias de segmentación • Maximización de utilidades • Valor económico de productos	Permite determinar de forma científica la rentabilidad de cada nivel potencial de segmentación mediante una ecuación única que vincula el costo unitario con el coeficiente de mercado.
Sarmiento -Tito et al. (2025) [6]	Ecuador *Revista Economía y Política*	**Regresión Lineal Múltiple** (Entrenamiento con el 80% de datos y validación con el 20%)	• Rendimiento organizativo • Rentabilidad financiera • Recursos tecnológicos intangibles	Cuantifica el impacto de las variables de gestión en emprendimientos asociativos de la Zona 6, identificando que la infraestructura y los recursos tecnológicos intangibles son los determinantes con mayor peso explicativo sobre el rendimiento.
Moyano & Taborda (2024) [9]	Colombia *Universidad Libre*	**Programación Lineal y Modelos de Inventario** (Sistemas EOQ y Just In Time - JIT)	• Minimización de costos operativos • Optimización de la cadena de suministro • Gestión de compras de materia prima	Demuestra cómo la modelación matemática en investigación de operaciones optimiza la asignación de recursos y el flujo físico-operativo, reduciendo costos de almacenamiento y evitando el desabastecimiento.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 278-296
DOI: https://doi.org/10.56519/3z2v7634
Agosto 2026

Reinoso-Salazar et al. (2024) [11]	Ecuador *Polo del Conocimiento*	**Límites Algebraicos** (Modelación analítica a través de líneas de tendencia temporales)	• Rentabilidad neta mensual • Punto de equilibrio financiero • Proyecciones de ingresos y ventas	Proyecta mediante límites matemáticos en función del tiempo la viabilidad y ganancia neta mensual de un emprendimiento local de alimentos ("Empanadas Express"), determinando científicamente su punto de equilibrio y rentabilidad óptima.
Muñiz Arana (2026) [14]	Ecuador *Saber Estratégico Internacional*	**Programación Matemática y Análisis Multivariante** (Regresiones lineales y agrupamiento K-means)	• Gestión del riesgo financiero • Apalancamiento corporativo • Análisis de liquidez	Establece con precisión estadística el impacto crítico del apalancamiento financiero sobre el riesgo corporativo ($\beta = 0.48$) y la correlación inversa que tiene la liquidez disponible frente a la inestabilidad.
Salgado (2024) [18]	Argentina *Revista Unión*	**Modelización Algebraico-Funcional** (Operaciones matriciales y funciones multivariable)	• Estructuración de costos de producción • Proyecciones bajo inflación (IPC) • Análisis de costos marginales	Desarrolla un modelo dinámico de costos totales ($C = CF + CV$) que integra matrices de hilos por amigurumi y ajusta los valores futuros de las materias primas indexándolas al Índice de Precios al Consumidor.
Farinango-Salazar & Porres-Requenes (2024) [19]	Ecuador *RILCO / Dialnet*	**Programación Lineal** (Método gráfico, definición de región factible y optimización de función objetivo)	• Maximización de beneficios • Optimización de materias primas • Planificación de producción de confecciones	Determina de forma exacta la mezcla de producción óptima (almohadas para muebles vs. dormitorio) para la microempresa "Confecciones Gloria",

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 278-296
DOI: https://doi.org/10.56519/3z2v7634
Agosto 2026

				maximizando los retornos económicos bajo un presupuesto de $1160.
Romero-Peña & Escudero-Ramírez (2024) [20]	México *Estrategias, Modelos y Tendencias*	**Punto de Equilibrio Algebraico** (Modelos lineales de costos e ingresos)	• Fijación de precios de venta • Volumen de ventas requerido • Proyección de utilidades a 5 años	Desarrolla una simulación práctica para la estructuración comercial y financiera de un negocio de alimentos, calculando la cantidad exacta de unidades a vender para cubrir costos fijos y variables.
Neri-Guzmán (2024) [1]	México *Problemas del Desarrollo / Sinéctica*	**Modelado de Ecuaciones Estructurales (SEM)** (Validación del modelo teórico de conducta planeada mediante software AMOS)	• Intención emprendedora • Infraestructura de apoyo • Actitud y control conductual	Cuantifica mediante un modelo estructural que la intención de emprender tiene una relación directa y fuerte con la infraestructura académica y de soporte institucional (0.576), superando a las normas subjetivas familiares (0.35).
Cuellar-Chaves (2025) [7]	Colombia *European Public & Social Innovation Review*	**Teorías de Decisión Organizacional** (Simulación de escenarios, utilidad esperada y decisión bayesiana)	• Mitigación de riesgos • Toma de decisiones estratégicas • Planificación bajo incertidumbre	Desarrolla modelos de riesgo para esquematizar decisiones proactivas en entornos inciertos, integrando la teoría de la decisión bayesiana con nuevas evidencias del mercado para optimizar la rentabilidad y resiliencia.
Coronado-Guaita (2025) [8]	Ecuador *KIRIA: Revista Científica*	**Análisis Correlacional Cuantitativo** (Coeficiente de correlación de Pearson	• Diseño del plan de negocios • Viabilidad del plan financiero •	Identifica una correlación significativa (r =

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 278-296
DOI: https://doi.org/10.56519/3z2v7634
Agosto 2026

		y métricas de calidad de rúbrica)	Competencias emprendedoras en el aula	0.64; p < 0.01) entre las metodologías didácticas activas y la calidad del plan de negocios en estudiantes de BGU, revelando que el área financiera representa el rendimiento más bajo (2.8).
Jiménez-García et al. (2024) [16]	Colombia *Fundamentos y perspectivas del emprendimiento*	**Modelamiento de Procesos por Regulación (MPR)** (Modelado de flujos de información e indicadores de gestión estratégica)	• Sostenibilidad y escalabilidad • Estructuración de costos • Articulación operativa	Propone un modelo estándar de gestión de conocimiento que complementa los componentes tradicionales del modelo de negocio, sirviendo de puente para que la planificación de la propuesta de valor transite eficazmente hacia la sostenibilidad.
Calderón-López & Rodríguez-Romano (2025) [21]	México *Estudios y Perspectivas*	**Modelación Descriptiva-Psicométrica** (Análisis estadístico de frecuencias y cruce de variables)	• Estabilidad emocional/Autocontrol • Capacidad de decisión • Tolerancia a la incertidumbre	Comprueba la fuerte conexión entre la inteligencia emocional y el emprendimiento, determinando que el 73.5% de los líderes fundamenta sus decisiones en esta capacidad, con factores determinantes como la visión (84.1%) y la creatividad (67.3%).

DISCUSIÓN

A partir de la información recolectada en los instrumentos aplicados, los hallazgos iniciales muestran una marcada tendencia hacia la operación de los procesos empresariales de manera empírica, los datos muestran que un importante porcentaje de los propietarios sustenta la toma de decisiones en la empresa de forma intuitiva y

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 278-296
DOI: https://doi.org/10.56519/3z2v7634
Agosto 2026

en base a su experiencia (1) La revisión de la literatura científica, que ha analizado datos estadísticos de las variables operativas, evidencia que las organizaciones que incorporan herramientas cuantitativas estructuradas alcanzan niveles superiores de eficiencia en sus procesos operativos, particularmente, la aplicación de la programación lineal se asocia de forma directa con una asignación más eficiente de insumos críticos, materias primas y mano de obra (5, 6).

Los negocios que configuran sus márgenes de producción bajo estos principios científico-matemáticos, consiguen una reducción importante en sus costos de operación y, de forma simultánea, maximizan sus utilidades en comparación con aquellos que operan bajo un modelo estrictamente empírico, del mismo modo los resultados sugieren que el uso de análisis predictivos preliminares, orientados a anticipar las fluctuaciones de la demanda del mercado, contribuye a disminuir la exposición al riesgo financiero y proporciona una base sólida para mitigar la fragilidad propia de las economías emergentes.

Sánchez (2023), destaca la importancia el uso de derivadas para la segmentación de mercados, según señala el autor, "los datos son gestionados en una única ecuación que, al ser derivada matemáticamente, permite establecer el valor económico de un producto o servicio en una determinada condición de mercado" (p. 1), lo cual refleja la utilidad práctica que tienen los cálculos numéricos para cualquier tipo de negocio (2).

Rivero-Fernández et al (2025), en una investigación titulada "Análisis de la toma de decisiones financieras en pequeños emprendimientos: brechas entre la teoría de matemática financiera y la práctica empresarial, los autores identificaron tres factores que influyen en la problemática identificada, entre los que se mencionan, la falta de comprensión de conceptos técnicos básicos como el flujo de caja proyectado o la amortización, la dificultad de los emprendedores capacitados para integrar el saber técnico en la gestión diaria y la creencia generalizada de que los modelos matemáticos son herramientas exclusivas de grandes empresas o instituciones bancarias, que no resultan aplicables a negocios de pequeña escala (5).

La investigación concluye que para asegurar la sostenibilidad de estos negocios, es urgente transitar de una cultura de supervivencia hacia una planificación estratégica respaldada por programas de alfabetización financiera contextualizados a la realidad de los microempresarios, que además permita predecir situaciones que puedan afectar la estabilidad del negocio, "los modelos predictivos son una herramienta poderosa que puede proporcionar información valiosa y hacer predicciones precisas en una variedad de aplicaciones y escenarios" (Viada González et al., 2025, p. 8).

Otros aportes importantes para sustentar la importancia de la implementación de modelos matemáticos y planificación estratégica en los emprendimientos los presenta la investigación de Sarmiento Tito et al. (2025), titulada "Modelo Predictivo del Rendimiento de Emprendimientos Asociativos en la Zona 6", cuyos resultados permiten cuantificar los factores de éxito en estos modelos de gestión en el contexto ecuatoriano (6).

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 278-296
DOI: https://doi.org/10.56519/3z2v7634
Agosto 2026

Los hallazgos de Rivero-Fernández et al. (2025) evidencian que a pesar de que un porcentaje alto de los emprendedores toma decisiones que comprometen su capital, solo una minoría de un 20% aproximadamente, recurre al cálculo técnico de rentabilidad (5). Esta falta de implementación de modelos matemáticos en pequeños negocios y los resultados de las percepciones de los clientes que se evidencian a través de distintas entrevistas y encuestas, permiten identificar que la aplicación de las matemáticas financieras suelen percibirse como procesos demasiado complejos o una herramienta exclusiva para grandes corporaciones, los microempresarios estilan llevar a cabo una gestión basada en la intuición y procesos empíricos que se enfocan principalmente en la urgencia del flujo de caja diario, incrementando drásticamente el riesgo de errores en los procesos administrativos.

La debilidad en la planificación financiera observada en los estudios analizados coincide con el panorama regional descrito por Bullón-Solís et al. (2024), quienes señalan que “en América latina existe una baja participación en la investigación del emprendimiento” (p. 53). Esta carencia de literatura técnica de alto impacto, explica por qué persiste una brecha entre la teoría y la práctica, impidiendo que el ecosistema local se consolide como un eje realmente que se vincule a la innovación (12).

Sin el respaldo de investigaciones que validen modelos de optimización y programación lineal, los emprendimientos en Sudamérica seguirán enfrentando altas tasas de mortalidad debido a la falta de herramientas que documenten y expandan estrategias de éxito comprobadas (12).

Al contrastar estos datos con los resultados de Sarmiento-Tito et al. (2025), se observa que no tener en consideración el análisis técnico puede llegar a tener un costo de oportunidad elevado, los autores mediante un modelo de regresión lineal 'identificaron variables con alto impacto en el rendimiento, como los recursos tecnológicos intangibles, la infraestructura, las redes, la rentabilidad financiera y la disposición de residuos sólidos'. Estos resultados validan la importancia de los activos intangibles y la planificación financiera sobre la mera acumulación de activos físicos tradicionales" (6).

El hecho de que los recursos tecnológicos intangibles presenten el coeficiente de impacto más alto, sobre el rendimiento organizativo valida la premisa de que la competitividad moderna no depende solo de activos físicos, sino de la capacidad de procesar información para la toma de decisiones, esto se alinea con la visión de la "destrucción creativa" de Schumpeter, donde la innovación disruptiva y el uso de modelos predictivos permiten a las nuevas empresas superar la resistencia al cambio y ganar terreno en mercados volátiles (Leite et al., 2023).

Por otra parte, la aplicación de límites algebraicos propuesta por Reinoso-Salazar et al. (2024) demuestra que la modelación matemática no es un ejercicio meramente teórico, sino una herramienta diagnóstica preventiva, que además aporta importantes herramientas en los procesos administrativos (11). Cedeño-Ortega (2026), presenta hallazgos significativos sobre las posibles causas de estas dificultades en el abordaje de los procesos matemáticos en los empresarios y emprendedores que no han contado con una formación profesional en el área administrativa o de negocios, estos

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 278-296
DOI: https://doi.org/10.56519/3z2v7634
Agosto 2026

descubrimientos se encuentran principalmente vinculados a la formación educativa, de los estudiantes, de acuerdo a esto señala que los docentes del área tampoco cuentan con herramientas suficientes para incentivar el desarrollo de estas habilidades (15).

Identificar que el punto de equilibrio se alcanza a los 10 meses y una semana permite al emprendedor transitar de una cultura de supervivencia, que genera incertidumbre y que no contempla respuestas adecuadas para una de planificación estratégica. Como señalan Romero Peña y Escudero Ramírez (2024), el punto de equilibrio es fundamental porque "representa el precio al cual la cantidad de bienes que los productores están dispuestos a ofrecer coincide exactamente con la cantidad que los consumidores desean adquirir" (p. 121). Sin este cálculo, el emprendedor se expone a fijar precios que no cubren sus costos operativos o que lo alejan del mercado real (20).

Finalmente, se considera imperativo abordar la raíz del problema desde la formación académica (18), el estudio de Coronado-Guaita et al. (2025) revela que, aunque los estudiantes de bachillerato en Ecuador destacan en identificar problemas sociales, su desempeño en la elaboración de planes financieros es notablemente bajo, lo cual representa, una problemática de base que puede afectar significativamente la percepción en relación a la complejidad que existe respecto al uso de funciones matemáticas en los procesos administrativos (8).

A través de los hallazgos obtenidos en la presente investigación se pudo identificar la importancia y el potencial estratégico de las herramientas cuantitativas y su aplicación efectiva en los emprendimientos, los hallazgos de autores como Rivero-Fernández et al. (2025) evidencian que a pesar de que un porcentaje alto de los emprendedores toma decisiones que comprometen su capital, solo una minoría de un 20% aproximadamente, recurre al cálculo técnico de rentabilidad (1).

Esta falta de implementación de modelos matemáticos en pequeños negocios y los resultados de las percepciones de los clientes que se evidencian a través de distintas entrevistas y encuestas, permiten identificar que la aplicación de las matemáticas financieras suelen percibirse como procesos demasiado complejos o una herramienta exclusiva para grandes corporaciones, los microempresarios estilan llevar a cabo una gestión basada en la intuición y procesos empíricos que se enfocan principalmente en la urgencia del flujo de caja diario, incrementando drásticamente el riesgo de errores en los procesos administrativos (1).

En este contexto, resulta de fundamental importancia el diseño de propuestas de valor eficientes adecuadas al contexto del sistema de emprendimiento (2). Por otra parte, la aplicación de límites algebraicos propuesta por Reinoso-Salazar et al. (2024) demuestra que la modelación matemática no es un ejercicio meramente teórico, sino una herramienta diagnóstica preventiva, que además aporta importantes herramientas en los procesos administrativos (3).

Cedeño-Ortega (2026), presenta hallazgos significativos sobre las posibles causas de estas dificultades en el abordaje de los procesos matemáticos en los empresarios y emprendedores que no han contado con una formación profesional en el área administrativa o de negocios, estos descubrimientos se encuentran principalmente

vinculados a la formación educativa, de los estudiantes, de acuerdo a esto señala que los docentes del área tampoco cuentan con herramientas suficientes para incentivar el desarrollo de estas habilidades (4).

A partir de la información recolectada en los instrumentos aplicados, los hallazgos iniciales muestran una marcada tendencia hacia la operación de los procesos empresariales de manera empírica, los datos muestran que un importante porcentaje de los propietarios sustenta la toma de decisiones en la empresa de forma intuitiva y en base a su experiencia (1). La revisión de la literatura científica, que ha analizado datos estadísticos de las variables operativas, evidencia que las organizaciones que incorporan herramientas cuantitativas estructuradas alcanzan niveles superiores de eficiencia en sus procesos operativos, particularmente, la aplicación de la programación lineal se asocia de forma directa con una asignación más eficiente de insumos críticos, materias primas y mano de obra (5,6).

En Ecuador, esta problemática se refleja de manera muy marcada en los datos de los exámenes de admisión de educación superior, donde el promedio nacional en el área lógico-matemática se situó en apenas 655 puntos sobre 1000. Esta cifra corrobora que los enfoques pedagógicos tradicionales, basados en la repetición memorística de procesos abstractos sin una aplicación práctica o contextualizada, provocan una debilidad estructural cuantitativa que los estudiantes arrastran desde la educación secundaria (4).

Como evidencia directa de este vacío formativo, se ha documentado que en el Bachillerato General Unificado (BGU), los estudiantes alcanzan un desempeño sobresaliente al identificar problemáticas de su entorno social, con un promedio de 4.2 sobre 5, pero reprueban de forma sistemática al estructurar el componente financiero de sus propuestas, registrando una media de apenas 2.8 sobre 5 (7).

Finalmente, desde lo cultural se observa que existe una tendencia a asumir riesgos financieros promoviendo la interiorización del esfuerzo personal y el mérito, sobreestimando las capacidades intuitivas sobre la planificación sistemática (8). Esto explica por qué el 73.3 % de los microempresarios basa decisiones complejas de endeudamiento o precios puramente en la intuición o consejos informales de familiares (1), ignorando que el éxito depende mayoritariamente de variables de infraestructura, tecnología y capital social organizativo (9).

Finalmente, la discusión científica no debe limitarse a la rigurosidad del dato numérico. Como sostienen Calderón-López y Rodríguez-Romano, el emprendimiento es un proceso dual donde la estabilidad técnica requiere un soporte humanista. La toma de decisiones financieras efectivas se encuentra fuertemente influenciada por la inteligencia emocional, puesto que factores como la visión (84.1 %), la creatividad (67.3 %) y la determinación (60.2 %) son los catalizadores que permiten al microempresario afrontar situaciones imprevistas y superar la inercia cognitiva del temor al riesgo, permitiendo que la precisión matemática sea efectivamente ejecutada en la práctica organizacional (10).

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 10 PP. 278-296
DOI: https://doi.org/10.56519/3z2v7634
Agosto 2026

La literatura científica evidencia que la intención de emprender tiene una relación directa y fuerte con la infraestructura académica y de soporte institucional con un peso de 0.576, lo cual supera la influencia de las normas subjetivas familiares situados en 0.35 (11). Ante este panorama, se vuelve prioritario el desarrollo de modelos estructurados de riesgo que permitan esquematizar decisiones proactivas en entornos inciertos, integrando la teoría de la decisión bayesiana y de la utilidad esperada como mecanismos para optimizar la rentabilidad y la capacidad adaptativa del emprendimiento local (12).

Ante este panorama, se vuelve prioritario el desarrollo de modelos estructurados de riesgo que permitan esquematizar decisiones proactivas en entornos inciertos, integrando la teoría de la decisión bayesiana y los modelos matemáticos de utilidad como mecanismos para optimizar la rentabilidad y la capacidad adaptativa del emprendimiento local. El temor y la desconfianza hacia los métodos formales, percibidos erróneamente como exclusivos de grandes corporaciones o bancos, cobra más fuerza ante escenarios de convulsión social y crisis económicas características de la realidad ecuatoriana en las que la estructuración formal y el uso de métodos más rigurosos parecen lejanos e inaplicables frente a la inmediatez de la supervivencia diaria

La existencia de debilidad en los procesos técnicos vinculados a la administración financiera, aunada a los factores ya mencionados generan una percepción cognitiva en los comerciantes de que las estrategias financieras basadas en modelos matemáticos no son aplicables a pequeños negocios y emprendimientos. La sostenibilidad financiera de cualquier negocio, incluyendo los que apenas inician depende directamente de su capacidad para identificar el punto de equilibrio mediante herramientas cuantitativas, como los límites algebraicos y la regresión lineal), ya que esto permite a la dirección estratégica anticipar escenarios de riesgo, optimizar la asignación de recursos tecnológicos y reducir la vulnerabilidad ante la volatilidad económica.

Por lo cual se considera que con el fin de fortalecer la competitividad empresarial, es importante y urgente una reforma en los procesos de enseñanza-aprendizaje que integre los modelos matemáticos con el desarrollo de habilidades blandas y el espíritu emprendedor; así como, incorporar la educación financiera contextualizada y el uso de simulaciones empresariales que podrían llegar a transformar la gestión de los negocios, pasando de una planificación reactiva a una basada en evidencia científica y datos reales, así como, al desarrollo de habilidades tanto aptitudinales como actitudinales que juntas permitan a los estudiantes contar con una formación integral para sus futuras actividades.

CONCLUSIONES

La incorporación de modelos cuantitativos estructurados es un factor estratégico de fundamental importancia para mitigar la marcada tendencia hacia la gestión empírica e intuitiva que caracteriza al ecosistema de microempresas en el Ecuador, lo cual valida completamente la hipótesis general de investigación. Los datos obtenidos a partir de los estudios de carácter científico realizados sobre este tema reflejan que los

propietarios sustentan decisiones financieras complejas de endeudamiento o fijación de precios de manera intuitiva, basados en la experiencia subjetiva o en consejos informales de familiares, los modelos matemáticos basados en la regresión lineal, la programación lineal y el análisis predictivo ofrecen un soporte que facilita el análisis técnico e incrementa significativamente la eficiencia operativa y disminuyendo la incertidumbre en mercados altamente volátiles. El análisis de las variables económicas corrobora que el rendimiento real de las organizaciones depende de valoraciones de determinantes de gestión específicos, en la que los recursos tecnológicos intangibles representan el factor cuantitativo de mayor peso explicativo sobre la competitividad de los negocios, seguidos por la infraestructura física y la rentabilidad financiera.

Se concluye que la aplicación práctica de límites algebraicos y programación lineal responde de manera científica y eficiente a los objetivos de optimización de recursos, minimización de costos operativos y generación máxima de utilidades en emprendimientos de pequeña escala. La modelación temporal mediante límites algebraicos actúa como un instrumento diagnóstico y predictivo idóneo para proyectar la viabilidad y determinar el punto de equilibrio financiero antes del inicio de las operaciones físicas. Lo cual permite anticipar con rigor que las ganancias netas mensuales superarán de forma segura la inversión inicial acumulada estimada en 1,486.90 $, a partir de los 10 meses y una semana de operación. Por otra parte, la programación lineal demuestra que, bajo restricciones presupuestarias estrictas de capital de trabajo, la maximización del beneficio semanal se alcanza mediante una distribución óptima de materias primas y mano de obra, evidenciando que concentrar la capacidad de producción en un artículo de alta rotación, supera significativamente los retornos económicos de la diversificación empírica tradicional.

Se comprueba, además, la urgente necesidad de implementar un modelo didáctico interdisciplinario y metodologías de aprendizaje activas en el sistema de educación en todos sus niveles, con el fin de poder superar las severas debilidades técnicas con las que cuentan los futuros emprendedores en el ámbito de la planificación financiera. Los hallazgos encontrados en el proceso de investigación confirman la existencia de una debilidad estructural de base debido al predominio de enfoques memorísticos y abstractos descontextualizados de la realidad productiva. El aprendizaje basado en problemas (ABP) y el aprendizaje basado en proyectos (ABPr) son estrategias pedagógicas que pueden contribuir eficazmente a integrar los conocimientos matemáticos con la práctica de negocios real, potenciando tanto las competencias cuantitativas duras como las habilidades blandas esenciales para el desarrollo de un perfil profesional competitivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Neri-Guzmán JC. Universidades públicas en México: análisis del emprendimiento. *Problemas del Desarrollo*. 2024;55(216):141-168. DOI: https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2024.216.70026
2. Sánchez JD. Ecuación de mercado y segmentación por derivación matemática: un modelo gerencial de toma de decisiones empresariales. *Revista Nacional de Administración*. 2023;13(2). DOI: https://doi.org/10.22458/rna.v13i2.4478

3. Varela-Guerrero MI, Santiago-Moreno A, et al. Análisis de la capacidad de los estudiantes en la resolución de identidades trigonométricas. En: Bouza Herrera CN, et al., editores. *Desarrollo y aplicación de modelos y métodos matemáticos para gestión decisional*. La Habana: Pitzilein Books; 2025. p. 68-80. URL: https://novapraxisrevista.com/index.php/RENOVA/article/view/17
4. Colmenero-Fonseca F, Cárcel-Carrasco J, Palomino Bernal JF. Modelo Geoespacial-Matemático Integrado para el Desarrollo Económico Regional Mediante Inteligencia Artificial y Energía Sostenible. *Ciencia Latina*. 2026;10(1):7888-7933. DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i1.22870
5. Rivero-Fernández RR, Velazco-Gonzales AR. Análisis de la toma de decisiones financieras en pequeños emprendimientos. *Revista Minerva*. 2025;6(Número Especial):28-32. DOI: https://doi.org/10.47460/minerva.v6isp.204
6. Sarmiento-Tito M., Vintimilla-Álvarez P., Peña-González S.. Modelo Predictivo del Rendimiento de Emprendimientos Asociativos en la Zona 6. *Revista Economía y Política*. 2025;(42):100-120. DOI: https://doi.org/10.25097/rep.n42.2025.06
7. Cuellar-Chaves M. Postulados de Emprendimiento Basado en Modelos Teóricos para la Toma de Decisión. *European Public & Social Innovation Review*. 2025;10:1-15. DOI: https://doi.org/10.31637/epsir-2025-1559
8. Coronado-Guaita L., Parra-Taboada M., Soria-Chicaiza N., Andrade-García M. Estrategias para el diseño del plan de negocios. *KIRIA*. 2025;3(6):85-99. DOI: https://doi.org/10.53877/q43yqy55
9. Moyano J., Taborda F. Aplicación de los modelos matemáticos y estadísticos en la cadena de suministro. Bogotá: Universidad Libre; 2024. *(Nota: Esta publicación no cuenta con DOI o URL en tus documentos fuente).*
10. Arias-Gonzáles J, Covinos-Gallardo M. Diseño y metodología de la investigación. *Enfoques Consulting EIRL*. 2021;1(1):66-78. URL: https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf
11. Reinoso-Salazar S., Pinto-Ibarra J., López-Cobo R., Vallejo-Cueva A. Evaluación de rentabilidad por aplicación de límites algebraicos: Caso de estudio empanadas. *Polo del Conocimiento*. 2024;9(6):2958-2982. DOI: https://doi.org/10.23857/pc.v9i6.7527
12. Bullón-Solís O, Méndez-Gutiérrez LL, Gutiérrez-Justo K., Valero-Palomino F.. Estudio bibliométrico del emprendimiento empresarial entre el 2011 y 2021 en Scopus. *Revista San Gregorio*. 2024;1(58):46-55. DOI: http://dx.doi.org/10.36097/rsan.v1i58.2466
13. Medina-Beltrán V, Gaitán-Angulo M, et al. Competitividad sostenible un elemento esencial para el emprendimiento. En: Bouza Herrera CN, et al., editores. *Desarrollo y aplicación de modelos y métodos matemáticos para gestión decisional*. La Habana: Pitzilein Books; 2025. p. 54-67. *(Nota: Esta publicación de libro no cuenta con DOI o URL en tus documentos fuente).*
14. Muñiz-Arana, D. Programación Matemática en la Gestión del Riesgo Financiero Empresarial. *Saber Estratégico Internacional*. 2026;4(1):63-83. DOI: https://doi.org/10.70577/s.e.v4i1.24
15. Cedeño-Ortega M. Métodos didácticos y desarrollo de habilidades emprendedoras. Análisis de casos prácticos en la enseñanza de matemáticas [Tesis de grado]. Jipijapa: Universidad Estatal del Sur de Manabí; 2026. URL: https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/9249

16. Jiménez-García D., Montoya-Restrepo I., Castellanos-Domínguez O.. Modelos de negocio y de gestión orientados al emprendimiento. En: Castellanos OF, editor. *Fundamentos y perspectivas del emprendimiento*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2024. p. 41-68. *(Nota: Esta publicación de libro no cuenta con DOI o URL en tus documentos fuente).*
17. Viada-González C, Bouza-Herrera C., Allende-Alonso S., et al. Revisión de modelos para el análisis predictivo. En: Bouza Herrera CN, et al., editores. *Desarrollo y aplicación de modelos y métodos matemáticos para gestión decisional*. La Habana: Pitzilein Books; 2025. p. 1-9. *(Nota: Esta publicación de capítulo de libro no cuenta con DOI o URL en tus documentos fuente).*
18. Salgado, D. Enseñanza por investigación en la universidad: modelización matemática entorno a una pregunta relacionada con la economía. *Unión*. 2024;(71):1-24. URL: https://revistaunion.org/index.php/UNION/article/view/1634
19. Farinango-Salazar R., Porres-Requenes J. Análisis de maximización de beneficios mediante el uso del modelo de programación lineal en la empresa “Confecciones Gloria". *RILCO*. 2024;6(57):26-40. URL: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9786755
20. Romero-Peña J., Escudero-Ramírez L. Matemáticas para el emprendedor, caso de estudio Hotdog de pavo. En: Castro Lara RJ, et al., editores. *Estrategias, Modelos y Tendencias*. México: Pitzilein Books; 2024. p. 121-128. *(Nota: Esta publicación de capítulo de libro no cuenta con DOI o URL en tus documentos fuente).*
21. Calderón-López M, Rodríguez-Romano W. Inteligente Emocional y Emprendimiento en los Negocios. *Estudios y Perspectivas*. 2025;5(1):1273-1294. DOI: https://doi.org/10.61384/r.c.a..v5i1.911

Revista Multidisciplinaria Ecuacientífica

ISSN: 3091 -1796

Edición especial

Agosto 2026

Ecuador

Código Postal 060102

Contacto +593 97 911 9620

publicaciones@ecuacientifica.com