

■ ISSN 2773-7330

Alfa
Publicaciones

ALFA PUBLICACIONES

Revista Científica Indexada
Revisada por pares ciegos

VOL 8 NUM 2
METAMORFOSIS

ABRIL - JUNIO
2026

www.alfapublicaciones.com
www.cienciadigitalaeditorial.com

latindex
catálogo 2.0

ERIH PLUS
EUROPEAN REFERENCE INDEX FOR THE
HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCES



La revista Alfa Publicaciones se presenta como un medio de divulgación científica, se publica en soporte electrónico trimestralmente, abarca temas de carácter multidisciplinar. Dirigida a investigadores, tiene el objetivo de publicar artículos originales e inéditos resultados de investigación, en inglés, portugués y español, de alcance internacional, que cumplan con lo estipulado en el código de ética. El equipo editorial y científico tiene el compromiso ético y de responsabilidad en la aplicación de la política y gestión de la revista, utilizando herramientas de detección de plagio Su periodicidad es trimestral. Publica mínimamente 20 artículos distribuidos en 4 números al año, bajo un sistema Open Access. La revista utiliza el sistema de revisión externa por pares expertos, de forma anónima, mediante el método "doble ciego" (double-blind peer review).

ISSN: 2773-7330 versión electrónica

Los aportes para la publicación están constituidos por:

Artículos Originales, Artículos de Revisión, Informes Técnicos, Comunicaciones en congresos, Comunicaciones cortas, Cartas al editor, Estados del arte & Reseñas de libros.



EDITORIAL REVISTA CIENCIA DIGITAL



Contacto: Ciencia Digital, Ambato- Ecuador

Teléfono: 0998235485

Publicación:

w: www.cienciadigital.org

w: www.cienciadigitaleditorial.com

e: luisefrainvelastegui@cienciadigital.org

e: luisefrainvelastegui@hotmail.com

Director General

Dr.C. Efraín Velastegui López. PhD. ¹

"Investigar es ver lo que todo el mundo ha visto, y pensar lo que nadie más ha pensado".

Albert Szent-Györgyi

¹ Magister en Tecnología de la Información y Multimedia Educativa, Magister en Docencia y Currículo para la Educación Superior, Doctor (PhD) en Ciencia Pedagógicas por la Universidad de Matanza Camilo Cien Fuegos Cuba, cuenta con más de 120 publicaciones en revista indexadas en Latindex y Scopus, 21 ponencias a nivel nacional e internacional, 16 libros con ISBN, en multimedia educativa registrada en la cámara ecuatoriano del libro, tres patente de la marca Ciencia Digital, Acreditación en la categorización de investigadores nacionales y extranjeros Registro REG-INV-18-02074, Director, editor de las revistas indexadas en Latindex Catalogo 2.0, Ciencia Digital, Visionario Digital, Explorador Digital, Conciencia Digital, Anatomía Digital, Alfa Publicaciones y editorial Ciencia Digital registro editorial No 663. Cámara Ecuatoriana del libro director de la Red de Investigación Ciencia Digital, emitido mediante Acuerdo Nro. SENESCYT-2018-040, con número de registro REG-RED-18-0063

PRÓLOGO

El desarrollo educativo en Ecuador, alcanza la vanguardia mundial, procurando mantenerse actualizada y formar parte activa del avance de la conciencia y la tecnología con la finalidad de que nuestro país alcance los estándares internacionales , ha llevado a quienes hacemos educación, a mejora y capacitarnos continuamente permitiendo ser conscientes de nuestra realidad social como demandante de un cambio en la educación ecuatoriana, de manera profunda, ir a las raíces, para así poder acceder a la transformación de nuestra ideología para convertirnos en forjadores de personalidades que puedan dar solución a los problemas actuales, con optimismo y creatividad de buscar un futuro mejor para nuestras educación; por ello, docentes y directivos tenemos el compromiso de realizar nuestra tarea con seriedad, respeto y en un contexto de profesionalización del proceso pedagógico.

Índice

1. Comunicación visual y persuasión en el punto de venta: el empaque de marcas cuencanas como primera estrategia de branding en el canal retail

(Tannia Carolina Calle Monroy, Juan Fernando Castillo Serrano, Andrés Sebastián Verdugo Alvarado, Denise Liliana Pazmiño Garzón)

06-28

2. Fundamentos para una cátedra de gestión del turismo amazónico basado en la naturaleza en Pastaza, Ecuador

(Carlos Julio Pico Angulo, Yudemir Cruz Pérez)

29-50

3. Elaboración de una guía didáctica para favorecer el aprendizaje de la química en estudiantes de la sección nocturna de la Unidad Educativa La Concordia

(Jenniffer Karina Estupiñan Plaza, Joan Rodríguez Díaz)

51-70

4. Efecto del recubrimiento de alginato-calcio y temperatura de almacenamiento sobre la vida útil de la fresa (*Fragaria* × *ananassa*)

(Raúl Gregorio Martínez Pérez, Liliana Alejandra Funes Samaniego, Raquel Estefanía Martínez Pérez)

71-87

5. Perspectivas sobre los indicadores ecológicos para evaluar la sostenibilidad de los bosques tropicales

(Roy Vera Velez, Raúl Ramos Veintimilla, Jorge Grijalva Olmedo)

88-130

6. Evaluación microbiológica y resistencia bacteriana en carne de cerdo comercializada en Riobamba bajo el enfoque One Health: implicaciones para la salud humana

(Yolanda Verónica Buenaño Suárez, Ligia Elizabeth Paredes Peñafiel, Laura Katherine Hernández León, Carlota Georgina Olalla Procel)

131-149

Comunicación visual y persuasión en el punto de venta: el empaque de marcas cuencanas como primera estrategia de branding en el canal retail

Visual communication and persuasion at the point of sale: the packaging of Cuenca brands as the first branding strategy in the retail channel

- ¹ Tannia Carolina Calle Monroy  <https://orcid.org/0009-0009-1180-4825>
Universidad de Cuenca (UCUENCA), Cuenca, Ecuador.
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
tannia.monroy@ucuenca.edu.ec
- ² Juan Fernando Castillo Serrano  <https://orcid.org/0000-0003-0911-9713>
Universidad de Cuenca (UCUENCA), Cuenca, Ecuador.
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
jfernando.castillos@ucuenca.edu.ec
- ³ Andrés Sebastián Verdugo Alvarado  <https://orcid.org/0009-0000-4762-1611>
Universidad de Cuenca (UCUENCA), Cuenca, Ecuador.
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
denise.pazminog@ucuenca.edu.ec
- ³ Denise Liliana Pazmiño Garzón  <https://orcid.org/0000-0002-9733-7114>
Universidad de Cuenca (UCUENCA), Cuenca, Ecuador.
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
denise.pazminog@ucuenca.edu.ec

Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado:14/02/2026

Revisado:22/02/2026

Aceptado:24/03/2026

Publicado:14/04/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v8i2.681>

Cítese:

Calle Monroy, T. C. ., Castillo Serrano, J. F. ., Verdugo Alvarado, A. S., & Pazmiño Garzón, D. L. . (2026). Comunicación visual y persuasión en el punto de venta: el empaque de marcas cuencanas como primera estrategia de branding en el canal retail. *AlfaPublicaciones*, 8(2), 6–28. <https://doi.org/10.33262/ap.v8i2.681>



ALFA PUBLICACIONES, es una revista multidisciplinar, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://alfapublicaciones.com>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



ALFA PUBLICACIONES, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://alfapublicaciones.com>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Palabras claves:

Empaque,
comunicación
visual,
persuasión en el
punto de venta,
comportamiento
del consumidor,
decisión de
compra, retail,
pymes.

Resumen

Introducción: el presente estudio analiza el rol del empaque como dispositivo estratégico de comunicación visual y persuasión en el punto de venta del canal retail en Cuenca, en un contexto de alta competitividad para las PYMES locales. **Objetivo:** el objetivo analiza cómo la presentación del producto a través de su semiótica material, funcionalidad morfológica y arquitectura de la información influye en la percepción, evaluación y decisión de compra del consumidor. **Metodología:** se adoptó un enfoque cualitativo descriptivo-analítico con observación estructurada no participante, aplicando 100 fichas de observación en distintas categorías alimenticias (yogur, granola, helados, agua embotellada y embutidos) y en puntos de venta segmentados por nivel socioeconómico. El análisis se desarrolló mediante codificación temática abierta, axial y selectiva, garantizando rigor mediante triangulación y estandarización de instrumentos. **Resultados:** los resultados evidencian que el empaque actúa como “activador del punto de venta”, reduciendo la asimetría de información y operando como heurístico de confianza, salud, placer o conveniencia según la categoría. La transparencia del material, la ergonomía, los sistemas de resellado y la jerarquización del semáforo nutricional emergen como variables críticas en la decisión. En la discusión se confirma que el envase funciona como mediador cognitivo y simbólico, activando procesos de evaluación rápida o reflexiva según el nivel de involucramiento del producto. **Conclusión:** el empaque constituye una ventaja competitiva estratégica para las PYMES, al integrar percepción estética, funcionalidad y claridad informativa como ejes decisivos en la comercialización visual en mercados emergentes. **Área de estudio general:** Mercadotecnia. **Área de estudio específica:** Branding y merchandising. **Tipo de estudio:** Artículos originales.



Keywords:

Packaging,
visual
communication,
point-of-sale
persuasion,
consumer
behavior,
purchase
decision, retail,
SMEs.

Abstract

Introduction: this study analyzes the role of packaging as a strategic device for visual communication and persuasion at the point of sale in the retail channel in Cuenca, within a context of high competitiveness for local SMEs. **Objective:** the objective analyzes how product presentation, through its semiotic material, morphological functionality, and information architecture, influences consumer perception, evaluation, and purchase decisions. **Methodology:** a descriptive-analytical qualitative approach with a non-participant observation structure was adopted, applying 100 observation sheets across different food categories (yogurt, granola, ice cream, bottled water, and cold cuts) and at points of sale segmented by socioeconomic level. The analysis was developed using open, axial, and selective thematic coding, ensuring rigor through triangulation and standardization of instruments. **Results:** the results show that packaging acts as a "point-of-sale activator," reducing information asymmetry and operating as a heuristic for trust, health, pleasure, or convenience, depending on the category. The transparency of the material, ergonomics, resealable systems, and the nutritional traffic light system emerge as critical variables in the decision. The discussion confirms that packaging functions as a cognitive and symbolic mediator, activating rapid or reflective evaluation processes depending on the level of product involvement. **Conclusion:** packaging constitutes a strategic competitive advantage for SMEs, integrating aesthetic perception, functionality, and informational clarity as decisive axes in visual marketing in emerging markets. **General area of study:** Marketing. **Specific area of study:** Branding and merchandising. **Type of study:** Original articles.

1. Introducción

En el actual contexto de alta competitividad y dinamismo del mercado cuencano, la presentación del producto constituye un factor estratégico clave para el posicionamiento de marca y la toma de decisiones de compra, al incidir directamente en la percepción de calidad, diferenciación y confianza del consumidor, especialmente en categorías de consumo masivo como el sector alimenticio; no obstante, las micro, pequeñas y medianas empresas de carácter local enfrentan limitaciones económicas y técnicas para acceder a procesos formales de investigación de mercados, lo que genera

una asimetría competitiva al obligarlas a tomar decisiones estratégicas sin información sistemática ni análisis comparativos actualizados sobre las tendencias emergentes del mercado.

En este marco el estudio se desarrolló a partir del convenio de cooperación interinstitucional entre la carrera de mercadotecnia de la Universidad de Cuenca y la Cámara de la Pequeña Industria del Azuay (CAPIA), luego de que un levantamiento de línea base evidenciara que una parte significativa de las empresas afiliadas carecía de recursos para realizar investigaciones de mercado periódicas, situación que las ubicaba en desventaja competitiva; frente a ello, se llevó a cabo un análisis exploratorio y sistemático de las tendencias del mercado vinculadas a la presentación de productos alimenticios competidores en los puntos de venta del cantón Cuenca, con el fin de identificar prácticas emergentes en empaque, comunicación comercial, branding, experiencia en punto de venta y comportamiento del consumidor, y generar insumos estratégicos transferibles a las empresas de CAPIA.

Desde una perspectiva metodológica, el enfoque cualitativo basado en observación estructurada no participante permitió analizar las dinámicas del mercado en su contexto natural, identificando tendencias asociadas a la presentación del producto y al comportamiento del consumidor en distintos niveles socioeconómicos, lo que posiciona a la investigación como una herramienta aplicada para apoyar la gestión comercial, reducir brechas de información y fortalecer la capacidad estratégica de las Pymes afiliadas a CAPIA.

El objetivo del presente estudio analiza como la presentación del producto a través de su semiótica material, funcionalidad morfológica y arquitectura de la información influye en la percepción, evaluación y decisión de compra del consumidor.

Desde la perspectiva del marketing estratégico y del comprador, el empaque se consolida como un elemento central que articula atributos del producto, comunicación y decisión en el punto de venta (Mogrovejo et al., 2019; Castillo et al., 2025). En la dimensión producto, empaque e ingredientes, diversos estudios evidencian que los consumidores utilizan señales físicas y visuales del envase como sustitutos de la evaluación directa de calidad, especialmente en contextos de bajo involucramiento o presión de tiempo (Silayoi & Speece, 2007). En la dimensión comunicación en

empaquete, el envase actúa como un canal clave de marketing, donde los elementos visuales y la información simplificada influyen directamente en la elección, funcionando como un “vendedor silencioso” que activa procesos heurísticos de decisión (Underwood, 2003). Finalmente, en la dimensión gestión de marca y posicionamiento, el empaque contribuye a la construcción de valor de marca al facilitar el reconocimiento, diferenciar el producto en el lineal y reforzar percepciones de calidad, convirtiéndose en un activo estratégico dentro de mercados altamente competitivos (Rundh, 2009).

Complementariamente, desde la gestión de marca y la comunicación comercial, el empaque integra funciones simbólicas y funcionales que impactan tanto en la percepción como en la experiencia del consumidor. En términos del producto, la materialidad, forma y visibilidad de los ingredientes fortalecen la credibilidad y reducen la asimetría informativa, aspecto ampliamente respaldado en la literatura de comportamiento del consumidor (Carvalho et al., 2015). En cuanto a la comunicación, la combinación de elementos gráficos, cromáticos e informativos permite transmitir atributos de valor en milisegundos, facilitando decisiones rápidas en entornos de alta saturación estimular (Krishna, 2012). Finalmente, en la dimensión de marca, el empaque no solo posiciona el producto dentro de una categoría, sino que también construye asociaciones simbólicas duraderas, influyendo en la lealtad y en la intención de recompra, lo que confirma su rol como herramienta clave en la estrategia integral de marketing (Spence & Velasco, 2018).

2. Metodología

El estudio empleó un diseño cualitativo descriptivo-analítico con observación estructurada no participante para analizar variables mercadológicas vinculadas con presentación del producto, comunicación comercial, posicionamiento de marca y comportamiento del consumidor en puntos de venta del cantón Cuenca.

La selección de unidades de análisis se realizó mediante muestreo intencional, considerando categorías alimenticias relevantes para empresas afiliadas a CAPIA (agua embotellada, helados, queso, yogurt, embutidos, granola, frutos secos), excluyendo productos propios para evitar sesgos. Los puntos de venta se eligieron mediante

muestreo por cuotas según nivel socioeconómico (NSE bajo, medio y alto), siguiendo la propuesta de Fernández (2009) con el fin de identificar diferencias en disponibilidad de marcas, exhibición y dinámicas de compra.

La recolección de datos se ejecutó mediante una rúbrica estructurada basada en criterios de marketing estratégico, gestión de marca, comunicación comercial y marketing del comprador, con tres dimensiones: (1) producto empaque ingredientes, (2) comunicación en empaque, (3) gestión de marca y posicionamiento. El registro se complementó con diario de campo y se realizó en distintas franjas horarias.

El análisis se desarrolló mediante codificación temática abierta, axial y selectiva, permitiendo identificar patrones de empaque y como interactúa este elemento con el consumidor.

El rigor metodológico se aseguró mediante triangulación, estandarización de instrumentos y descripciones densas. Se aplicaron criterios éticos garantizando anonimato, no intervención y ausencia de recolección de datos personales.

Entre las limitaciones se reconocen: imposibilidad de inferencias estadísticas, exclusión de otros canales de venta y ausencia de análisis de productos ofertados por algunos de los afiliados de la CAPIA. No obstante, el diseño permitió una caracterización profunda del entorno competitivo.

3. Resultados

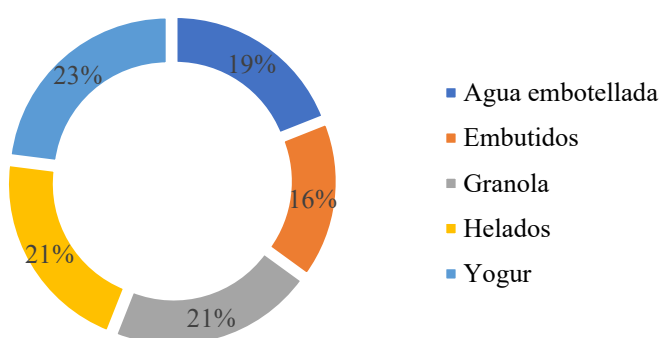
En este apartado se presentan los resultados del análisis empírico sobre la influencia del empaque en la comercialización visual en el entorno retail de Cuenca. A partir de un enfoque exploratorio basado en observación estructurada, se examina cómo el empaque actúa como un elemento estratégico que incide en la atención, la percepción de confianza y la toma de decisiones del consumidor. El análisis integra variables visuales, informativas y funcionales, contrastadas con modelos teóricos de comportamiento del consumidor, permitiendo identificar patrones relevantes y establecer al empaque como un factor clave en la dinámica competitiva del punto de venta.

3.1. Robustez metodológica y validez de campo

La validez de los hallazgos se sustenta en 100 observaciones estructuradas como se muestran en la **Figura 1**, realizadas en un ecosistema de comercialización que abarca diversos estratos socioeconómicos de la ciudad de Cuenca-Ecuador. La muestra captura la realidad del *retail*, desde canales de conveniencia y *hard-discount* (minimercados de barrio) hasta supermercados de cadena y tiendas especializadas.

Figura 1

Distribución de observaciones por categoría de producto



Nota: resultados de la investigación

Esta estratificación permite apreciar cómo el empaque modifica su función conforme el canal de venta y el perfil del consumidor. Mientras que en sectores donde se observaron ciertas cadenas y supermercados considerados de estrato alto el empaque opera bajo la lógica de Simmonds & Spence (2017) donde el diseño justifica el valor percibido, en sectores donde se realizó la observación en cadenas, supermercados y locales considerados de estrato bajo, la decisión se ancla en la funcionalidad mínima y el cumplimiento normativo (semáforo nutricional) como únicos validadores de confianza.

3.2. Análisis por variables de comercialización visual

A través de una codificación axial, se contrastan los hallazgos empíricos con modelos teóricos de comportamiento del consumidor aplicados al punto de venta.

Dimensión estético-cromática y teoría de la captación de atención

De acuerdo con el modelo de Pieters & Wedel (2004) la efectividad del empaque depende de su capacidad para captar atención a través de la marca y la imagen. En las 100 observaciones, se detectan patrones diferenciadores por categoría detallados en la **Tabla 1**.

Tabla 1

Patrones diferenciadores y teorías para diferenciación de resultados por categoría

Categoría	Patrón visual dominante	Directriz de categoría (Modelos de atención)
Yogur / Lácteos	Iconografía de origen (campos, vacas).	Mitología de lo natural : Uso de símbolos rurales para legitimar procesos industriales
Granola	Ventanas transparentes, tonos tierra.	Percepción de autenticidad : La visibilidad del contenido reduce la barrera de la desconfianza
Helados	Branding emocional y colores vibrantes.	Teoría del placer hedónico : Diseño orientado a la gratificación inmediata.
Agua embotellada	Minimalismo, predominio del azul	Teoría de la pureza visual : El vacío y la transparencia comunican inocuidad.
Embutidos	Colores saturados (Rojo/Amarillo).	Heurísticos de sabor : Colores cálidos para activar respuestas sensoriales impulsivas

Nota: resultados de investigación y revisión bibliográfica.

3.3. Dimensión informativa: la "carga cognitiva" y reducción de incertidumbre

El empaque actúa como un dispositivo de validación técnica que facilita la compra bajo presión de tiempo.

Saturación de atributos de confianza: en las categorías de granola y yogur, de acuerdo con los diarios y evidencias se pudo identificar un promedio de 4 declaraciones de salud ("rico en fibra", "proteína natural"). Esto valida y se aproxima al modelo de Silayoi & Speece (2007) donde el consumidor delega su decisión en la simbología del envase o empaque ante la imposibilidad de verificar el beneficio nutricional en el punto de venta.

El semáforo nutricional como ancla: en el 86% de las observaciones, el semáforo nutricional fue el elemento de lectura primaria en la cara frontal, funcionando como un filtro de racionalidad que precede a la evaluación de otras características y atributos.

3.4. Hallazgos transversales

Un hallazgo crítico derivado del análisis de las 100 fichas; es el valor de la transparencia física del material como sustituto del diseño gráfico.

Los datos sugieren que la transparencia funciona y aporta a la percepción de honestidad para las marcas con menor presupuesto publicitario. En quesos y granolas, se observa una mayor tasa de interacción física (manipulación del producto) cuando el empaque permita ver el estado real del contenido, compensando la falta de un branding masivo y apoyando el planteamiento que dentro de algunas categorías la compra tiene un mayor tiempo de decisión y un proceso comparativo distinto.

3.5. Matriz comparativa de atributos críticos

Para sintetizar el peso de cada variable en la decisión de comercialización visual, se presenta la **Tabla 2** basada en las frecuencias de observación.

Tabla 2

Matriz comparativa de atributos críticos

Variable Analítica	Impacto en la decisión	Evidencia observada	Eje de comercialización visual
Ergonomía y cierre	Crítico	Rechazo detectado en envases de granola sin cierre <i>de cremallera</i>	Usabilidad y conservación post compra.
Jerarquía del Logo	Alto	Búsqueda de marcas tradicionales en embutidos y helados	Reconocimiento y lealtad de marca.
Validación Técnica	Alto	Verificación constante de fechas de caducidad en lácteos.	Seguridad alimentaria y frescura
Visibilidad del producto	Medio	Preferencia por envases con ventanas en productos locales	Honestidad visual y reducción de riesgo.

Nota: resultados de investigación y revisión bibliográfica.

3.6. Implicaciones analíticas

Los resultados nos aproximan a considerar el empaque como “activador del punto de venta”; el diseño no solo comunica, sino que reduce la asimetría de información entre el fabricante y el consumidor. La diversidad de las 100 observaciones distribuidas por cada categoría en Cuenca valida que el consumidor local es reactivo a la funcionalidad

del empaque y a la claridad de los atributos de salud, penalizando los diseños que priorizan la estética sobre la información técnica o la facilidad de uso.

3.7. *Determinación de variables*

El análisis cualitativo y exploratorio de las 100 observaciones realizadas en los diversos puntos de venta de Cuenca permite determinar que el fenómeno de la comercialización visual no es un proceso lineal, sino una interacción simbólica compleja donde el empaque actúa como el principal agente de negociación silenciosa. Al adoptar un enfoque descriptivo, se logró captar la subjetividad de la experiencia de compra en categorías tan disímiles como lácteos, granolas y embutidos, identificando que la variabilidad en las decisiones responde a patrones estructurales de percepción que trascienden el producto mismo. Por lo tanto, se establece que para explicar con rigor esta realidad fenomenológica, es imperativo centrar el análisis en tres ejes fundamentales: semiótica visual y material, funcionalidad morfológica y arquitectura de la información.

La semiótica visual y material como variable crítica se sustenta en su selección para gestionar el primer impacto sensorial y la construcción de significados de confianza. A través del análisis comparativo, se observa que mientras los embutidos apuestan por una saturación cromática activada para el impulso, la granola y el queso artesanal dependen de la transparencia del material como un dispositivo de "honestidad visual". Esta variable permite decodificar cómo el consumidor interpreta la materialidad del soporte físico como una evidencia de calidad, permitiendo que el producto reduzca la asimetría de información mediante una validación visual directa que suple, en muchos casos, la ausencia de una marca posicionada.

Por otro lado, la funcionalidad morfológica se escoge debido a que la evidencia empírica señala una relación directa entre la estructura física del envase y la experiencia de uso anticipada. El estudio exploratorio permitió contrastar cómo la ergonomía de una botella de agua o el sistema de cierre de un empaque de granola no son percibidos como accesorios, sino como atributos de valor no negociables. Esta variable es indispensable porque captura la dimensión pragmática del empaque, explicando cómo la configuración física del objeto satisface las necesidades de conservación y manejo que

definen la satisfacción del cliente en su cotidianidad, diferenciando claramente a los productos que logran una ventaja competitiva por su facilidad de uso.

Finalmente, la arquitectura de la información se consolida como la tercera variable esencial, dado que jerarquiza los elementos que mitigan la carga cognitiva en el escenario competitivo del anaquel. El análisis comparativo revela que, independientemente del estrato socioeconómico, el consumidor busca anclas de racionalidad como el semáforo nutricional y los "*claims*" o declaraciones de salud para validar su elección. Al integrar esta dimensión, el estudio garantiza una profunda comprensión de cómo la información técnica se traduce en un argumento de seguridad alimentaria, concluyendo que estas tres variables constituyen el marco analítico más robusto y coherente para resumir los fenómenos observados y profundizar en el estudio del empaque como factor decisivo en la comercialización visual.

3.8. Profundización de variables de interés

Este apartado analiza el empaque como un sistema estratégico que integra dimensiones simbólicas, funcionales e informativas, evidenciando cómo sus elementos materiales, cromáticos y estructurales influyen en la percepción, reducen la incertidumbre y orientan la decisión de compra del consumidor. A partir de la articulación entre semiótica material, funcionalidad morfológica y arquitectura de la información, se comprende al empaque como un dispositivo clave que conecta experiencia, confianza y comportamiento.

3.8.1. La semiótica material: transparencia vs. saturación

La teoría de la señalización, propuesta originalmente por Kirmani & Rao (2000) sugiere que, ante la asimetría de información, el consumidor busca pistas visuales extrínsecas para reducir la incertidumbre sobre la calidad del producto. En el punto de venta, el material y el color del empaque son las primeras señales decodificadas.

3.8.2. La transparencia como evidencia de realidad

En categorías de productos frescos o donde la pureza es vital, la transparencia no es estética, es una validación de calidad. Investigaciones recientes como las de Simmonds & Spence (2017) confirman que el empaque transparente incrementa la confianza del consumidor al permitir la inspección visual directa del contenido.

Agua embotellada: el uso predominante de envases PET transparentes y tonos azules/celestes actúa como un código semiótico de "inocuidad" y "frescura". La visibilidad del líquido reduce el riesgo percibido, alineándose con los hallazgos de Chandran et al. (2009) sobre la heurística de pureza.

Quesos y embutidos: se observa un patrón claro donde predominan los empaques al vacío y termoformados transparentes. El consumidor necesita verificar visualmente la textura del queso y el color de la carne para validar la frescura antes de leer la etiqueta, un comportamiento validado por Deng & Srinivasan (2013) quienes señalan que la visibilidad del producto aumenta la intención de compra en alimentos perecederos.

Granola: el uso de ventanas transparentes en los empaques bolsas con fuelle permite validar la promesa de "naturalidad" al mostrar los ingredientes reales (frutos secos, avena), diferenciándose de las cajas cerradas de cereales industriales.

3.8.3. Saturación cromática y apetitividad

Para productos de indulgencia, la psicología del color opera bajo el principio de estimulación sensorial o *Sensory Marketing* (Krishna, 2012).

Helados y yogur: en estas categorías, el empaque debe generar respuesta fisiológica (salivación). Se utilizan colores vibrantes y fotografía de alta fidelidad ("fruta real", texturas cremosas) para comunicar sabor intenso. Spence & Velasco (2018) argumentan que la saturación del color en el empaque se correlaciona directamente con la intensidad de sabor esperada por el cerebro. En el caso de los yogures, el color saturado (incluso el azul) ayuda a destacar en el lineal blanco de los lácteos, actuando como un faro visual.

3.8.4. Morfología y funcionalidad: la estructura como valor agregado

La teoría del valor utilitario indica que el consumidor evalúa el producto por su contenido y por la facilidad de uso que ofrece el empaque. Löfgren (2005) destaca que la "funcionalidad" es el segundo momento de la verdad en el empaque. La estructura del envase influye directamente en la decisión de compra, especialmente en productos de consumo diferido.

Sistemas de resellado: la presencia de cierres herméticos (*cremalleras*) o tapas funcionales se convirtió en un estándar de calidad:

- En granola, el empaque con cremallera es la norma para conservar la textura crocante, respondiendo a la necesidad de preservación descrita por Rundh (2016).

- En quesos y embutidos , los empaques con sistema "abre fácil" o resellables son valorados para facilitar la conservación post apertura, diferenciándose a las marcas modernas de las tradicionales.
- En helados , las tapas que permiten un sellado seguro son esenciales para el almacenamiento en el congelador doméstico.
- Ergonomía y portabilidad: La forma del envase define la ocasión de consumo.
- En aguas , los relieves curvos y la variedad de tamaños (de 300ml a 1.2L) adaptan el producto al estilo de vida del usuario.
- En yogur , la innovación hacia botellas ergonómicas y *tetra packs* con tapa rosca desplazo a la bolsa tradicional por pura funcionalidad y limpieza de uso.

3.8.5. *Arquitectura de la información y comportamiento de compra*

La cantidad de información en el empaque modula el tiempo de permanencia del consumidor frente al anaquel. Silayoi & Speece (2007) establecieron que existe una relación directa entre la complejidad del producto (involucramiento) y la densidad informativa que el consumidor está dispuesto a procesar.

3.8.6. *Compra reflexiva (Alto contenido informativo)*

En categorías asociadas a la salud o nutrición, el empaque funciona como un documento técnico. El consumidor invierte tiempo (hasta 5 minutos) leyendo.

Granola: las declaraciones funcionales ("Keto", "Sin azúcar", "Proteína") son los protagonistas visuales. Van Trijp & Van der Lans (2007) explican que estas declaraciones de salud actúan como heurísticos de credibilidad.

Embutidos y quesos: la lectura es técnica. El consumidor busca semáforos nutricionales, fechas de caducidad y sellos de calidad (Agrocalidad). La ausencia de estos datos frena la compra al elevar la incertidumbre.

3.8.7. *Compra impulsiva (Impacto visual inmediato)*

En categorías de gratificación, la decisión es rápida y guiada por la emoción visual, un proceso dominado por el "Sistema 1" de pensamiento rápido (Kahneman, 2011).

Helados: la decisión se basa en el sabor y la imagen atractiva. La información técnica pasa a un segundo plano frente a la promesa de placer.

Agua: la decisión es rutinaria; el consumidor escanea rápidamente por marca conocida o precio, guiándose por códigos de color familiares.

3.9. Resultados consolidados

El presente apartado consolida los principales hallazgos del estudio, integrando la evidencia empírica en una matriz analítica que permite comprender el rol del empaque como factor decisivo en el punto de venta. A partir de esta síntesis, se desarrolla una discusión teórica que articula los resultados con enfoques contemporáneos del comportamiento del consumidor, evidenciando que el empaque actúa como un dispositivo estratégico que combina estímulos visuales, funcionales e informativos para influir en la percepción, reducir la incertidumbre y orientar la decisión de compra en el entorno retail de Cuenca.

3.9.1. Matriz de influencia del empaque en el punto de venta

En la **Tabla 3** se presenta la síntesis de cómo el empaque actúa como factor decisivo en las seis categorías observadas:

Tabla 3

Matriz de influencia del empaque por categoría

Categoría	Factor visual dominante (atracción)	Factor funcional (decisión racional)	Heurístico de Compra Observado
Agua	Transparencia y tonos azules	Ergonomía (Agarre) y variedad de tamaños	Confianza: "Si se ve limpio y la marca es conocida, es seguro".
Granola	Ventana transparente y tonos tierra	Cierre hermético resellable (Conservación)	Salud: "Si veo los ingredientes y dice 'sin azúcar', es saludable".
Yogur	Colores saturados y texturas	Tapa roscable y portátil	Calidad: "Si se ve peso y el envase es práctico, vale el precio".
Quesos	Visibilidad del producto (Vacío)	Abre fácil / Resellable	Verificación: "Necesito ver la textura y leer si es bajo en grasa".
Embutidos	Color de la carne y semáforos	Rebanado y empacado al vacío	Conveniencia: "Busco fresca visible y rapidez de uso".
Helados	Fotografía de ingredientes	Tapas herméticas	Placer: "La foto se ve deliciosa, lo quiero ahora".

Nota: resultados de investigación y revisión bibliográfica.

4. Discusión

Los hallazgos del presente estudio confirman que el empaque opera como un dispositivo estratégico de mediación cognitiva y simbólica en el punto de venta, especialmente en contextos de alta saturación estimular como el *retail* cuencano. Más allá de su función contenedora, el envase se consolida como un artefacto comunicacional multisensorial que activa procesos heurísticos de evaluación rápida, reduce la incertidumbre y estructura la experiencia de elección en el lineal.

En coherencia con la teoría del “vendedor silencioso” propuesta por Underwood (2003) los resultados empíricos evidencian que la decisión inicial de consideración del producto se produce antes de cualquier procesamiento profundo de información técnica. Este fenómeno se alinea con investigaciones contemporáneas que demuestran que la mayoría de las decisiones en el punto de venta son guiadas por atajos perceptuales y emocionales (System 1), particularmente en categorías de bajo involucramiento (Fenko et al., 2016; Tarka et al., 2022).

En el caso de Cuenca, la dimensión estético-cromática mostró una relación directa con la captación atencional y la diferenciación competitiva. Estudios recientes publicados en *Food Quality and Preference* confirman que el color, la saturación y el contraste del empaque influyen significativamente en la expectativa sensorial y la evaluación de calidad percibida (Spence & Velasco, 2018; Velasco et al., 2014). Los hallazgos locales coinciden con esta evidencia: categorías de indulgencia como helados y yogurt priorizan estímulos cromáticos intensos para activar respuestas hedónicas inmediatas, mientras que productos asociados a pureza o naturalidad emplean códigos visuales de sobriedad o transparencia.

Particularmente relevante es el papel de la transparencia del material como señal de autenticidad y reducción de asimetría informativa. Investigaciones más recientes demostraron que los empaques transparentes incrementan la percepción de confianza cuando el contenido es evaluable visualmente, aunque su efecto depende del tipo de producto y del nivel de procesamiento esperado (Simmonds et al., 2019; Velasco et al., 2014). En consonancia con estos aportes, en categorías como quesos y granolas la visibilidad directa del producto operó como sustituto parcial de la inversión en branding masivo, constituyéndose en una estrategia viable para PYMES con recursos limitados.

Desde la perspectiva de la arquitectura de la información, los resultados confirman que el consumidor local prioriza elementos de validación normativa, como el semáforo nutricional, antes que narrativas extensas de marca. Este comportamiento coincide con estudios recientes sobre *front of pack labeling*, que evidencian cómo los sistemas gráficos simplificados facilitan decisiones más rápidas y seguras en contextos de presión temporal (Cecchini & Warin, 2016; Talati et al., 2017). En el mercado cuencano, el semáforo nutricional funcionó como “ancla de racionalidad”, incluso en segmentos socioeconómicos donde el precio podría suponerse dominante, lo que sugiere una creciente alfabetización nutricional del consumidor urbano.

Asimismo, la dimensión morfológica y funcional del envase demostró incidir en la evaluación global del producto. Estudios recientes en *Journal of Retailing and Consumer Services* destacan que atributos como ergonomía y facilidad de apertura influyen significativamente en la satisfacción post compra y en la intención de recompra (Rundh, 2009; Ketelsen et al., 2020). Los hallazgos del presente estudio refuerzan esta perspectiva: en categorías de consumo diferido (granola, quesos), los sistemas de cierre hermético no fueron percibidos como atributos accesorios, sino como indicadores directos de calidad y modernidad.

Desde una lectura estructural, los resultados también evidencian diferencias por nivel socioeconómico del canal. En segmentos de mayor poder adquisitivo, el diseño opera como justificador simbólico de valor; mientras que, en sectores de menor ingreso, el empaque cumple primordialmente una función de validación funcional y normativa. Esta diferenciación es consistente con investigaciones recientes sobre comportamiento en *retail* emergente, donde se demuestra que la percepción de valor integra simultáneamente señales estéticas y utilitarias, moduladas por el contexto socioeconómico (Batra & Keller, 2016).

En términos teóricos, el estudio amplía la comprensión del empaque como sistema semiótico tridimensional: materialidad (lo que se ve), morfológica (cómo se usa) y arquitectura informativa (qué se interpreta). La interacción de estas dimensiones confirma que la decisión de compra no responde a un estímulo aislado, sino a una convergencia de señales que operan en milisegundos dentro de un entorno competitivo.

Para las PYMES afiliadas a CAPIA, estos hallazgos poseen implicaciones estratégicas relevantes. La evidencia sugiere que, aun en ausencia de grandes presupuestos publicitarios, es posible construir ventaja competitiva mediante decisiones técnicas en diseño estructural, jerarquización informativa y coherencia cromática. En línea con estudios recientes sobre innovación en *packaging* sostenible y competitivo (Magnier & Schoormans, 2015; Steenis et al., 2018), el empaque puede convertirse en un activo estratégico de alto retorno cuando se articula con la propuesta de valor de marca.

No obstante, los resultados deben interpretarse considerando las limitaciones metodológicas inherentes al diseño cualitativo observacional. Si bien la investigación permite una caracterización profunda del fenómeno, futuras investigaciones podrían complementar estos hallazgos mediante experimentos controlados o análisis cuantitativos de ventas que permitan medir el impacto causal del rediseño de empaque en métricas de conversión.

En síntesis, la evidencia empírica obtenida en el mercado de Cuenca confirma que el empaque no actúa como elemento accesorio, sino como arquitecto silencioso de la decisión de compra, integrando dimensiones perceptuales, funcionales y cognitivas que estructuran la experiencia de elección en el punto de venta. Su gestión estratégica representa, especialmente para las PYMES, una herramienta concreta para reducir asimetrías competitivas y fortalecer su posicionamiento en mercados locales altamente dinámicos.

5. Conclusiones

Los resultados del estudio permiten concluir que el empaque constituye un sistema estratégico de mediación perceptual y cognitiva en el punto de venta, cuyo impacto trasciende la función contenedora para configurarse como un dispositivo integral de comunicación comercial. En el contexto del *retail* cuencano, caracterizado por alta saturación estimular y competencia intensiva en categorías de consumo masivo, el envase actúa como arquitecto primario de la consideración de marca, activando procesos heurísticos que determinan la inclusión o exclusión del producto en la evaluación del consumidor.

La evidencia empírica confirma que la eficacia del empaque depende de la articulación sinérgica de tres dimensiones estructurales: semiótica material, funcionalidad

morfológica y arquitectura de la información. La materialidad, especialmente la transparencia, opera como mecanismo de reducción de asimetría informativa y generador de confianza en categorías donde la validación visual es crítica; la morfología incide directamente en la percepción de valor utilitario y calidad anticipada; y la jerarquización informativa, particularmente mediante sistemas gráficos simplificados como el semáforo nutricional, estructura la toma de decisiones bajo presión temporal, reduciendo la carga cognitiva del consumidor.

Asimismo, el estudio demuestra que la influencia del empaque no es homogénea, sino modulada por el nivel socioeconómico del canal y por la naturaleza de la categoría de producto. Mientras que en segmentos de mayor poder adquisitivo el diseño cumple una función simbólica de legitimación de valor, en contextos de menor ingreso predomina su rol funcional y normativo como garante de seguridad y transparencia. Esta diferenciación confirma que el empaque debe ser concebido estratégicamente en función del entorno competitivo y del perfil del consumidor objetivo.

Desde una perspectiva gerencial, los hallazgos evidencian que el empaque puede constituirse en una ventaja competitiva sostenible para las PYMES, incluso en escenarios de restricción presupuestaria. La optimización técnica del diseño estructural, la coherencia cromática y la claridad informativa representan decisiones de alto impacto estratégico que permiten fortalecer el posicionamiento de marca, mejorar la conversión en el lineal y mitigar brechas frente a competidores de mayor escala.

En términos académicos, la investigación aporta un marco analítico tridimensional que integra percepción, funcionalidad e información como ejes explicativos del comportamiento de compra in situ, contribuyendo a la literatura sobre comercialización visual en mercados emergentes. Futuras investigaciones podrían profundizar en la medición cuantitativa del efecto causal del rediseño de empaque sobre indicadores de desempeño comercial, ampliando el alcance explicativo del modelo propuesto y consolidando su validez en otros contextos y canales de distribución masivos.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias bibliográficas

- Batra, R., & Keller, K. (2016). Integrating marketing communications: new findings, new lessons and new ideas. *Journal of Marketing*, 80(6), 122-145.
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1509/jm.15.0419>
- Carvalho Vieira, K., de Castro Alcantara, V., do Prado, J. W., Loos Pinto, C., & Carvalho de Rezende, D. (2015). How does packaging influence consumer behavior? *International Business Research*, 8(5), 66-80.
https://www.researchgate.net/publication/276515461_How_Does_Packaging_Influence_Consumer_Behavior
- Castillo Serrano, J. F., Calle Monroy, T. C., & Pazmiño Garzón, D. L. (2025). An approach to strategic and marketing management in companies affiliated with the Chamber of Small Industries of Azuay (CAPIA). *Visionario Digital*, 9(2), 126-143.
<https://doi.org/10.33262/visionariodigital.v9i2.3408>
- Cecchini, M., & Warin, L. (2016). Impact of food labelling systems on food choices and eating behaviours: a systematic review and meta-analysis of randomized studies. *Obesity Reviews*, 17(3), 201–210.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/obr.12364>
- Chandran, S., Batra, R. K. & Lawrence, B. (2009). Is seeing believing? Consumer responses to opacity of product packaging. *Advances in Consumer Research*, 36, 970-971.
https://www.researchgate.net/publication/285986646_Is_seeing_believing_Consumer_responses_to_opacity_of_product_packaging
- Deng, Xiaoyan, & Srinivasan, Raji. (2013). When do transparent packages increase (or decrease) food consumption? *Journal of Marketing*, 77(4), 104-117.
https://www.researchgate.net/publication/260178658_When_Do_Transparent_Packages_Increase_or_Decrease_Food_Consumption

- Fenko, A., Kersten, L., & Bialkova, S. (2016). Overcoming consumer scepticism toward food labels: the role of multisensory packaging design. *Food Quality and Preference*, 48, 81–92. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.08.013>
- Fernández Valiñas, R. (2009). *Segmentación de mercados (3ra edición)*. McGrawHill. https://www.uteg.edu.ec/biblioteca-libros/wp-content/uploads/2023/09/Segmentacion-de-mercados_compressed.pdf
- Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow*. Farrar, Straus and Giroux. <https://psycnet.apa.org/record/2011-26535-000>
- Ketelsen, M., Janssen, M., & Hamm, U. (2020). Consumers' response to environmentally-friendly food packaging – a systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 254(120123), 120123. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120123>
- Kirmani, A., & Rao, A. R. (2000). No pain, no gain: a critical review of the literature on signaling unobservable product quality. *Journal of Marketing*, 64(2), 66–79. https://www.researchgate.net/publication/246955851_No_Pain_No_Gain_A_Critical_Review_of_the_Literature_on_Signaling_Unobservable_Product_Quality
- Krishna, A. (2012). An integrative review of sensory marketing: engaging the senses to affect perception, judgment and behavior. *Journal of Consumer Psychology: the Official Journal of the Society for Consumer Psychology*, 22(3), 332–351, <https://doi.org/10.1016/j.jcps.2011.08.003>
- Löfgren, Martin. (2005). Winning at the first and second moments of truth: an exploratory study. *Managing Service Quality*, 15(1), 102–115. https://www.researchgate.net/publication/235299309_Winning_at_the_first_and_second_moments_of_truth_An_exploratory_study
- Magnier, L., & Schoormans, J. (2015). Consumer reactions to sustainable packaging: The interplay of visual appearance, verbal claim and environmental concern. *Journal of Environmental Psychology*, 44, 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2015.09.005>
- Mogrovejo Lazo, A. E., Luna Altamirano, K. A., Ormaza Andrade, J. E., Castro Vazquez, P. G., & Torres Beltrán, A. M. (2019). Plan de marketing en el sector salud. Ciudad de Cuenca, Ecuador. *Ciencia Digital*, 3(2.3), 5-22. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i2.3.483>
- Pieters, R., & Wedel, M. (2004). Attention capture and transfer in advertising: brand, pictorial, and text-size effects. *Journal of Marketing*, 68(2), 36-50, <https://doi.org/10.1509/jmkg.68.2.36.27794>

- Rundh, B. (2009). Packaging design: creating competitive advantage with product packaging. *British Food Journal*, 111(9), 988–1002, <https://doi.org/10.1108/00070700910992880>
- Rundh, B. (2016). The role of packaging within marketing and value creation. *British Food Journal*, 118(10), 2491-2511. <https://doi.org/10.1108/BFJ-10-2015-0390>
- Silayoi, P., & Speece, M. (2007). The importance of packaging attributes: a conjoint analysis approach. *European Journal of Marketing*, 41(11-12), 1495–1517. <https://doi.org/10.1108/03090560710821279>
- Simmonds, G, Woods, A., & Spence, C. (2019). Shaping perceptions: exploring how the shape of transparent windows in packaging designs affects product evaluation. *Food Quality and Preference*, 75, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.02.003>
- Simmonds, G., & Spence, C. (2017). Thinking inside the box: How seeing products on, or through, the packaging influences consumer perceptions and purchase behaviour, *Food Quality and Preference*, 62, 340–351. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.11.010>
- Spence, C., & Velasco, C. (2018). On the multiple effects of packaging colour on consumer behaviour and product experience in the ‘food and beverage’ and ‘home and personal care’ categories. *Food Quality and Preference*, 68, 226–237. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950329318302003?via%3Dihub>
- Steenis, N. D., Van der Lans, I. A., Van Herpen, E., & Van Trijp, H. C. M. (2018). Effects of sustainable design strategies on consumer preferences for redesigned packaging. *Journal of Cleaner Production*, 205, 854–865. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.137>
- Talati, Z., Norman, R., Pettigrew, S., Neal, B., Kelly, B., Dixon, H., ... Shilton, T. (2017). The impact of interpretive and reductive front-of-pack labels on food choice and willingness to pay. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14(1), 171. <https://doi.org/10.1186/s12966-017-0628-2>
- Tarka, P., Kukar-Kinney, M., & Harnish, R. J. (2022). Consumers’ personality and compulsive buying behavior: the role of hedonistic shopping experiences and gender in mediating-moderating relationships. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 64(102802), <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2021.102802>

- Underwood, R. L. (2003). The communicative power of product packaging: creating brand identity via lived and mediated experience. *Journal of Marketing Theory and Practice*, 11(1), 62–76. <https://doi.org/10.1080/10696679.2003.11501933>
- Van Trijp, H. C. M., & Van der Lans, I. A. (2007). Consumer perceptions of nutrition and health claims. *Appetite*, 48(3), 305–324. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17157958/>
- Velasco, C., Salgado-Montejo, A., Marmolejo-Ramos, F., & Spence, C. (2014). Predictive packaging design: tasting shapes, typefaces, names, and sounds. *Food Quality and Preference*, 34, 88–95. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.12.005>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Alfa Publicaciones**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Alfa Publicaciones**.



Fundamentos para una cátedra de gestión del turismo amazónico basado en la naturaleza en Pastaza, Ecuador

Foundations for a chair in nature-based Amazonian tourism management in Pastaza, Ecuador

1	Carlos Julio Pico Angulo		https://orcid.org/0009-0005-2793-1635
	Universidad Estatal Amazónica (UEA), Pastaza, Ecuador. Maestría en Derecho Administrativo cpico@uea.edu.ec		
2	Yudemir Cruz Pérez		https://orcid.org/0000-0001-9876-732X
	Universidad Estatal Amazónica (UEA), Pastaza, Ecuador Universidad de La Habana (UH), La Habana, Cuba. yudemir.cruz@ftur.uh.cu		



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 03/02/2026

Revisado: 22/02/2026

Aceptado: 03/04/2026

Publicado: 21/04/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v8i2.686>

Cítese:

Pico Angulo, C. J., & Cruz Pérez, Y. . (2026). Fundamentos para una cátedra de gestión del turismo amazónico basado en la naturaleza en Pastaza, Ecuador. *Alfa Publicaciones*, 8(2). Recuperado a partir de <https://alfapublicaciones.com/index.php/alfapublicaciones/article/view/686>



ALFA PUBLICACIONES, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://alfapublicaciones.com>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Palabras**claves:**

Turismo basado
en naturaleza;
gobernanza
turística;
cátedra
universitaria;
clúster turístico;
Selva–Aula;
Pastaza.

Resumen

Introducción. El turismo amazónico basado en la naturaleza (NBT) requiere gobernanza y capacidades para coordinar actores, sostener continuidad organizativa y convertir información en decisiones; en Pastaza (Ecuador) persiste una brecha institucional para articular el sistema clúster NBT y sus microclústeres cantonales. **Objetivo.** Proponer los fundamentos jurídicos, metodológicos y prácticos para la creación de la Cátedra para la Gestión del Turismo Amazónico basado en la Naturaleza (CGesTAN) como instrumento institucional orientado a fortalecer capacidades y gobernanza territorial. **Metodología.** Estudio cualitativo–documental, exploratorio-propositivo, con revisión narrativa (2020–2026), análisis documental-normativo y de planificación territorial, entrevistas semiestructuradas a actores del sector turístico (n=45) y dos talleres de co-diseño; se aplicó triangulación documental–campo–referente normativo comparado. **Resultados.** Se definió conceptualmente la CGesTAN como unidad académica transversal (benchmark normativo MES), se delimitaron componentes jurídicos mínimos (expediente de creación, adscripción, gobernanza interna, plan anual/rendición de cuentas y ratificación), se formalizó el modelo Selva–Aula como teoría de cambio, se estructuró un diplomado de 120 horas (modalidad híbrida) como fase inicial de implementación y se propuso una matriz de indicadores operacionales para el monitoreo del clúster. **Conclusión.** La CGesTAN integra estructura institucional, currículo e instrumentos de monitoreo en un sistema evaluable y potencialmente sostenible; su robustez futura depende de completar la trazabilidad normativa local y sistematizar la validación participativa con matrices verificables y pilotaje. **Área de estudio general:** Turismo. **Área de estudio específica:** Gestión turística territorial. **Tipo de estudio:** Artículo original.

Keywords:

Nature-based
tourism;
tourism
governance;
university
chair; tourism
cluster; Selva–
Aula; Pastaza.

Abstract

Introduction. Nature-based Amazonian tourism (NBT) requires governance and capabilities to coordinate actors, sustain organizational continuity, and convert information into decisions; in Pastaza (Ecuador), an institutional gap persists to articulate the NBT cluster system and its cantonal micro-clusters. **Objective.** To propose the legal, methodological, and practical foundations for creating the Chair for Nature-Based Amazonian Tourism Management (CGesTAN) as an institutional instrument to strengthen territorial capacities and governance. **Methodology.** A qualitative–documentary, exploratory–propositional study combining a narrative review (2020–2026), documentary–normative and territorial planning analysis, semi-structured interviews with tourism sector actors (n=45), and two co-design workshops; triangulation was conducted across documents, field evidence, and a comparative normative benchmark. **Results.** CGesTAN was conceptually defined as a transversal academic unit (comparative benchmark: Cuban MES), minimum legal–organizational components were specified (founding dossier, institutional attachment, internal governance, annual plan/accountability, and periodic ratification), the Selva–Aula model was formalized as a theory of change, a 120-hour hybrid diploma program was structured as the first implementation phase, and an operational indicator matrix was proposed for cluster monitoring. **Conclusion.** CGesTAN integrates institutional structure, curriculum, and monitoring tools into an evaluable and potentially sustainable system; future robustness depends on completing local legal traceability and strengthening participatory validation through auditable matrices and piloting. **General Area of Study:** Tourism. **Specific area of study:** Territorial tourism management. **Type of study:** Original articles.

1. Introducción

El turismo basado en naturaleza (NBT por sus siglas en inglés: *nature-based tourism*) suele presentarse como alternativa de desarrollo para territorios megadiversos; sin embargo, su desempeño depende menos de la “existencia de atractivos” y más de la capacidad de gobernanza para coordinar actores, reglas, capacidades y monitoreo en una escala territorial coherente.

La gobernanza turística, además, no es un concepto unívoco pues su uso en investigación es polisémico y varía según el nivel territorial, los mecanismos de coordinación y los tipos de territorio analizados, lo cual obliga a explicitar con precisión el marco conceptual y operativo con que se trabaja (Bock et al., 2021). En paralelo, la evidencia de turismo en Ecuador sugiere que la sostenibilidad de iniciativas depende del equilibrio entre autonomía organizativa, soporte institucional y capacidades técnicas, más que de intervenciones aisladas o de corta duración, como el caso del turismo comunitario (Maldonado-Erazo et al., 2020; Ordóñez et al., 2020).

En educación superior, la formación en turismo sostenible desplazo enfoques centrados en operación hacia currículos que integran sostenibilidad, pensamiento crítico, transformación digital y competencias para gestión de destinos, con evaluación por desempeño (Mínguez et al., 2021; Fernández-Villarán et al., 2024).

Se mostro además, que los enfoques experienciales basados en naturaleza pueden fortalecer capacidades hacia prácticas responsables cuando hay diseño didáctico completo y evaluación explícita (Zhang et al., 2021). Bajo este marco, un territorio que busca consolidar el enfoque NBT, requiere un dispositivo estable que traduzca marcos normativos y necesidades del destino en formación, instrumentos técnicos-científicos y mecanismos de articulación.

En la provincia de Pastaza (Amazonía ecuatoriana), el sistema turístico se estructura en cuatro cantones: Pastaza, Mera, Santa Clara y Arajuno, lo que en este trabajo se define como “microclúster” cantonal como una unidad funcional de articulación determinada por la oferta turística, su geografía, cadena de valor y sus actores territoriales; y “sistema clúster NBT” como la estructura territorial y su red de actores principales orientada al desarrollo turístico del territorio.

El proyecto institucional UEA-125, que enmarca este estudio, plantea explícitamente que, en los cuatro cantones, los sistemas turísticos carecen de un mecanismo de gestión efectivo que vincule actores y permita cooperación y crecimiento como clústeres turísticos, limitando la articulación a escala provincial (Universidad Estatal Amazónica [UEA], 2025).

Por otro lado, en la provincia de Pastaza no existe una figura organizativa que sustente teórica, metodológica y técnicamente el desarrollo del turismo bajo enfoque de clúster. Este vacío se expresa en debilidad de articulación de gobernanza y en brechas de capacidades para gestión del destino, lo que afecta coordinación intra e interclúster y continuidad de instrumentos de seguimiento. Resolver esa brecha no se logra con capacitación puntual, requiere un dispositivo que sostenga concertación, producción técnica-científica, formación pertinente y monitoreo.

De aquí que, esta investigación, se haya planteado el problema a resolver mediante la interrogante siguiente: ¿Cuáles son los fundamentos jurídicos, metodológicos y prácticos que deben estructurar un dispositivo académico para la gestión del turismo amazónico basado en la naturaleza, de modo que responda a las necesidades del sistema clúster NBT de Pastaza y sus cuatro microclústeres cantonales, y se alinee con estándares contemporáneos de educación en turismo sostenible?

Definiéndose como objetivo de la investigación: proponer los fundamentos jurídicos, metodológicos y prácticos de un dispositivo académico, articulando la línea base NBT con marcos normativos y enfoques pedagógicos contemporáneos. Lo cual sirvió de propósito para defender la siguiente idea: un dispositivo académico transversal para la gestión del turismo amazónico basado en la naturaleza, anclado en derechos de la naturaleza y educación para la sostenibilidad, y articulado a una metodología participativa y a instrumentos de seguimiento, puede fortalecer capacidades y gobernanza del sistema clúster NBT de Pastaza y sus cuatro microclústeres cantonales, mejorando la coherencia entre formación, gestión territorial y desempeño turístico.

2. Metodología

El procedimiento se organizó en fases secuenciales que integran revisión narrativa, construcción del corpus documental, trabajo de campo (entrevistas y talleres) y análisis temático con triangulación de fuentes, como se muestra en la **Figura 1**.

Figura 1

Trayectoria metodológica de la investigación



El estudio se desarrolló con enfoque cualitativo documental, de nivel exploratorio-propositivo, orientado a sustentar una propuesta académico-técnica para la gestión del NBT en Pastaza. En coherencia con el plan de investigación del proyecto, el diseño integró análisis documental-normativo y de planificación territorial, revisión narrativa formal de literatura 2020–2026 y levantamiento cualitativo mediante entrevistas semiestructuradas y talleres de co-diseño, con el propósito de derivar fundamentos jurídicos, metodológico-pedagógicos y prácticos para el dispositivo académico.

El ámbito territorial corresponde a la provincia de Pastaza y sus cuatro cantones. La población de interés incluyó actores con incidencia en gobernanza, operación y soporte técnico del destino: como la Universidad Estatal Amazónica (UEA), el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) provincial, los GAD cantonales, el Viceministerio de Turismo, empresarios, guías y centros de turismo comunitario, muestreados mediante selección intencional por cuotas (por actor y cantón).

El corpus documental se conformó con normativa y planificación relevantes para turismo, ambiente y ordenamiento territorial, incluyendo instrumentos territoriales y resoluciones vinculadas a coordinación turística (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza [GAD], 2019, 2022; Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Pastaza, 2022). La revisión narrativa priorizó publicaciones arbitradas e indexadas, y fuentes oficiales cuando correspondió.

El análisis documental se realizó de forma cualitativa mediante examen temático con codificación manual en matriz Excel, realizada por un único codificador, sin triangulación inter codificador, por lo que el control de consistencia se sostuvo en trazabilidad analítica y triangulación documental-campo-literatura. La unidad de análisis fue la Cátedra operacionalizada mediante el diseño del diplomado y la construcción de instrumentos técnico-operativos (trazabilidad normativa e indicadores).

El trabajo de campo se desarrolló entre julio de 2025 y febrero de 2026. Las entrevistas semiestructuradas ($n = 45$) se realizaron entre noviembre de 2025 y enero de 2026, con registro en notas. Los talleres de co-diseño se ejecutaron en noviembre de 2025 y febrero de 2026, orientados a validar ejes y componentes de la propuesta. La triangulación se realizó articulando tres niveles: (i) los patrones de coordinación y barreras reportados por actores del sector turístico en las entrevistas semiestructuradas; (ii) los consensos y priorizaciones alcanzados en los talleres; y (iii) los criterios normativos y organizativos mínimos derivados del referente comparado de cátedras honoríficas. Esta priorización es coherente con el estándar de constitución de cátedras en el referente comparado, que exige expediente con fundamentación, objetivos, funciones y estructura; además de un esquema de control y seguimiento institucional (Ministerio de Educación Superior de Cuba [MES], 2012).

En el plano ético, la investigación se desarrolló bajo autorización institucional general del proyecto, con resguardo de confidencialidad mediante reporte agregado y anonimización cuando fue necesario (Universidad Estatal Amazónica, 2025).

3. Resultados

3.1. Síntesis de evidencia reciente y criterios de diseño transferibles

La revisión narrativa 2020–2026 identifica patrones consistentes que orientan el diseño del dispositivo académico. En turismo comunitario y NBT, la sostenibilidad depende de redes multinivel, soporte institucional y capacidades más que de intervenciones aisladas (Maldonado-Erazo et al., 2020; Ordóñez et al., 2020).

En educación superior en turismo se reportan brechas entre currículos operativos y competencias para liderar transformación sostenible, gobernanza y evaluación por desempeño (Mínguez et al., 2021; Fernández-Villarán et al., 2024). La evidencia sobre aprendizaje experiencial basado en naturaleza sostiene que, cuando existe diseño didáctico y evaluación explícitos, se fortalecen competencias hacia prácticas responsables (Zhang et al., 2021).

En evaluación, se recomienda formalizar la teoría de cambio y participación de actores para iniciativas complejas, y operacionalizar indicadores con fuentes, frecuencia y responsables para evitar mediciones sin uso real (Roodbari & Olya, 2024; Artal-Tur & Badillo-Amador, 2024; Epifani & Valente, 2023). La síntesis se presenta en la **Tabla 1**.

Tabla 1

Síntesis de literatura principal (2020-2026)

Eje temático	Autor / año	DOI / URL Artículo	Implicación para la Cátedra/Diplomado NBT (Pastaza)
Turismo comunitario / redes territoriales	Maldonado-Erazo et al. (2020)	https://doi.org/10.3390/su12156256	Justifica enfoque clúster y necesidad de una unidad académica que sostenga capacidades, articulación y mecanismos de coordinación provincia–cantones.
Educación superior y sostenibilidad (turismo)	Mínguez et al. (2021)	https://doi.org/10.1016/j.jhlste.2021.100329	Sustenta el diseño curricular del diplomado (competencias de sostenibilidad, pensamiento crítico, gestión del cambio y evaluación por competencias).
Aprendizaje experiencial en naturaleza	Zhang et al. (2021)	https://doi.org/10.1016/j.jhlste.2020.100297	Base empírica para el modelo Selva–Aula y para estructurar prácticas en clústeres con evidencias, reflexividad y evaluación.
Pedagogía para turismo sostenible	Farsari (2022)	https://doi.org/10.1080/15313220.2021.1978127	Sustenta que el diplomado debe equilibrar competencias técnicas con gobernanza, ética y transformación territorial (no solo operación turística).

Eje temático	Autor / año	DOI / URL Artículo	Implicación para la Cátedra/Diplomado (Pastaza) la NBT
Diseño curricular con enfoque de sostenibilidad y digitalización	Fernández-Villarán et al. (2024)	https://doi.org/10.3390/su16219286	Apoya módulos del diplomado sobre sostenibilidad aplicada, habilidades digitales y gestión responsable del destino/clúster.
Educación superior para sostenibilidad (visión transversal)	Probst (2022)	https://doi.org/10.3390/su14063402	Justifica definir indicadores educativos y de impacto (no solo contenidos), y exigir evaluación trazable de la cátedra.
Gestión/diseño de destinos y gobernanza	Volgger et al. (2021)	https://doi.org/10.1016/j.jdmm.2021.100561	Sustenta lineamientos de gobernanza del clúster y el rol de la academia como diseñador/mediador de capacidades e instrumentos.
Gestión en áreas protegidas: evaluación de sostenibilidad	Xiangju et al. (2022)	https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02074	Transferible al NBT amazónico: diseño de indicadores y evaluación debe incorporar actores clave del clúster y condiciones de conservación.
Evaluación de iniciativas complejas (teoría de cambio + stakeholders)	Roodbari & Olya (2024)	https://doi.org/10.1016/j.tourman.2023.104829	Sirve para estructurar la teoría de cambio de la cátedra e indicadores de implementación, resultado e impacto en clústeres cantonales.
Índices/indicadores para gobernanza y sostenibilidad del destino	Epifani & Valente (2023)	https://doi.org/10.3390/su152215967	Base metodológica para diseñar matriz de indicadores operacionales del sistema clúster NBT (ambiental – socioeconómica – gobernanza).
Sistemas de indicadores de sostenibilidad turística	Artal-Tur & Badillo-Amador (2024)	https://doi.org/10.54517/st2800	Provee estructura para operacionalizar indicadores (definición, fuente, periodicidad) y alinear con observación/monitoreo desde la cátedra.
Transferencia de modelos de gestión de destinos en América Latina	Ivars-Baidal et al. (2025)	https://doi.org/10.1108/TR-02-2025-0128	Refuerza argumento de brecha regional y necesidad de capacidades (datos, monitoreo, coordinación) que la cátedra debe desarrollar.

La **Tabla 1** sintetiza literatura reciente (2020–2026) sobre turismo y enfoque NBT, gobernanza y diseño de destinos, pedagogía para turismo sostenible y sistemas de indicadores. Esta síntesis sustenta los criterios de diseño del modelo Selva–Aula, la estructura del diplomado y el marco de indicadores operacionales para monitoreo y evaluación del sistema clúster NBT en Pastaza.

3.2. Definición del dispositivo académico para la gestión del turismo amazónico basado en la naturaleza

El dispositivo académico para la gestión del turismo amazónico basado en la naturaleza se definió como una “Cátedra”. La Cátedra se define como una unidad académica transversal, formalmente constituida por la universidad, orientada a aglutinar capacidades científicas y académicas, promover investigación aplicada y extensión universitaria, y articular cooperación con instituciones afines alrededor de una línea temática prioritaria. La definición anterior, adopta un referente normativo comparado, a partir de la Resolución No. 90/2012 del Ministerio de Educación Superior de Cuba (MES, 2012) que conceptualiza las cátedras honoríficas como un mecanismo institucional para profundizar e investigar en una esfera del conocimiento, involucrar profesores y estudiantes, realizar extensión universitaria y sostener vínculos con instituciones científicas y académicas.

Bajo esta conceptualización, “Cátedra” y “dispositivo académico/instrumento” no son categorías distintas: la Cátedra opera como instrumento institucional de gobernanza y articulación al proporcionar continuidad organizativa (plan anual de trabajo, rendición de cuentas y ratificación periódica) y una estructura directiva y de adscripción institucional definidas (MES, 2012). En consecuencia, el objeto de este estudio no es una asignatura aislada, sino un dispositivo organizativo que habilita concertación academia–sociedad, producción técnico-científica y monitoreo del destino/clúster.

Operativamente, la Cátedra NBT se especifica mediante componentes mínimos: (i) fundamentación y requisitos de instalación (evidencia de trabajo previo y capacidad real de aglutinar personal calificado); (ii) funciones de producción académico-técnica (asesoría a investigación aplicada, organización de actividades académicas y de extensión, generación y gestión de instrumentos y repositorios); (iii) gobernanza interna (estructura directiva y adscripción institucional); (iv) gestión y *accountability* (plan anual y rendición de cuentas, con ratificación periódica); y (v) procedimiento formal de creación mediante expediente con fundamentación, objetivos, funciones y estructura.

La Cátedra para la Gestión del Turismo Amazónico basado en la Naturaleza (CGesTAN), se crea para el sustento científico de la Red Turismo Amazónico basado en la Naturaleza que se concibió en el Proyecto UEA-125 sobre NBT (UEA, 2025). La CGesTAN será un espacio de crecimiento, intercambio de conocimientos, debate sociocultural, científico y de extensión universitaria.

La misma, deberá ser presidida por un profesor (a) especialista en el tema en la UEA, y a ella se integrarán actores universitarios, de la red y de todo el clúster y sus microclústeres cantonales, en busca de la visibilización del turismo como eje del desarrollo local sostenible a partir de la naturaleza de una de las cuencas más importante del mundo, así como, para el sustento científico de todas las problemáticas que sean interés de la red.

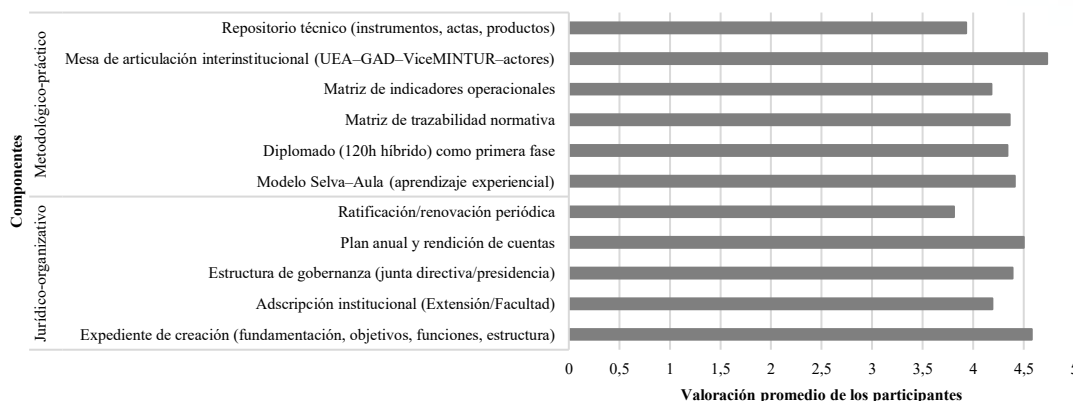
En el marco del proyecto UEA-125 NBT-ConnectingClusters, la Cátedra se operacionaliza, en su primera fase, mediante un diplomado de 120 horas en modalidad híbrida como salida formativa inicial, y mediante instrumentos técnico-operativos (matriz de trazabilidad normativa y matriz de indicadores operacionales) para sostener monitoreo y articulación del sistema clúster NBT en Pastaza y sus microclústeres cantonales. La Resolución 90/2012 se utiliza como *benchmark* normativo comparado para definir atributos mínimos de una cátedra; no se presenta como normativa aplicable al Ecuador.

3.3. Resultados de los talleres y triangulación con entrevistas semiestructuradas

Los talleres de co-diseño se utilizaron como mecanismo de validación técnica y de concertación para traducir la brecha de gobernanza y capacidades en una arquitectura institucional verificable, en este caso, la CGesTAN. En la **Figura 2** se presenta la sistematización de la priorización de estos componentes, útil para delimitar el “mínimo institucional viable” de la CGesTAN.

Figura 2

Priorización para el mínimo institucional viable de la CGesTAN



Nota: Escala utilizada: 1 (baja prioridad) – 5 (alta prioridad).

Desde el componente jurídico-organizativo, el taller 1 priorizó como condiciones de instalación de la CGesTAN la formalización del expediente de creación, la definición de adscripción institucional, la estructura de gobernanza interna y el establecimiento de un ciclo de gestión con plan anual, rendición de cuentas y ratificación periódica.

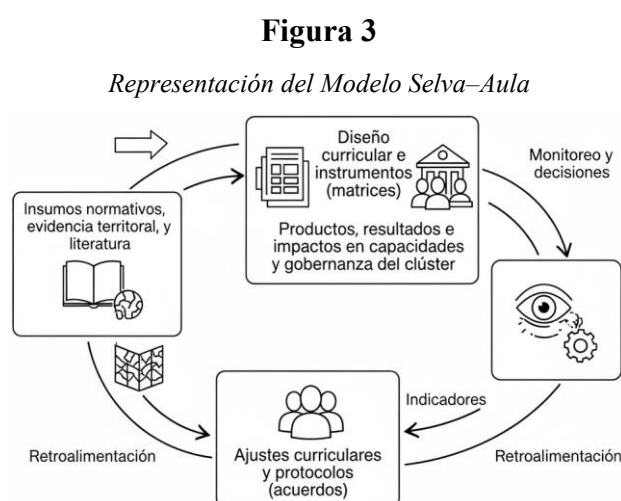
En el componente metodológico, el taller 2 validó que la operacionalización de la CGesTAN debe articular aprendizaje experiencial, co-diseño y producción de instrumentos técnico-operativos. En esa lógica, se priorizó el modelo Selva-Aula como teoría de cambio para conectar formación y territorio, el diplomado de 120 horas como primera fase de implementación, y dos instrumentos críticos para la sostenibilidad metodológica: (i) trazabilidad normativa, para traducir planes y normas en requisitos operativos y curriculares, y (ii) matriz de indicadores operacionales, para sostener monitoreo y mejora continua del sistema clúster NBT.

La priorización de los componentes metodológico-prácticos permiten que la CGesTAN opere como instrumento de gobernanza del clúster y no como un espacio académico declarativo. Finalmente, la triangulación entre entrevistas y talleres convergió en tres fundamentos prácticos para la CGesTAN. Primero, la necesidad de un mecanismo estable de articulación interinstitucional que reduzca la fragmentación por intereses y agendas.

Segundo, la necesidad de un dispositivo de formación por competencias con salidas aplicadas en microclústeres cantonales, para cerrar brechas de capacidades con evidencia de desempeño. Tercero, la necesidad de gobernanza del dato y protocolos de monitoreo que permitan decisiones basadas en evidencia y un bucle de mejora continua alineado a la teoría de cambio.

3.4. Modelo Selva–Aula como teoría de cambio

El modelo Selva–Aula (**Figura 3**) se formaliza como teoría de cambio.



Como se observa en la **Figura 3** como teoría del cambio se conecta insumos normativos, evidencia territorial y literatura con actividades de diseño curricular e instrumentos, generando productos, resultados e impactos esperados en capacidades y gobernanza del clúster. Se incorpora un bucle de mejora continua: indicadores alimentan monitoreo y decisiones, y los hallazgos retroalimentan ajustes curriculares, protocolos y acuerdos.

3.5. Estructura curricular del diplomado

Se estructuró un diplomado de 120 horas en modalidad híbrida, organizado en siete módulos y un proyecto integrador Selva–Aula (**Tabla 2**).

Tabla 2
Propuesta del Diplomado en NBT

Módulo	Horas (total)	Modalidad (híbrido)	Competencias / Resultados de aprendizaje
Módulo 1. NBT, clúster y gobernanza territorial	16	Virtual síncrono/asíncrono	Analizar el sistema clúster NBT de Pastaza y los microclústeres cantonales; mapear actores y mecanismos de coordinación; formular problemas de gobernanza y capacidades.
Módulo 2. Marco jurídico y planificación territorial aplicada al NBT	16	Virtual síncrono y taller presencial corto	Interpretar disposiciones normativas y de planificación (PDOT/PUGS/ordenanzas) y traducirlas en requisitos operativos y curriculares para gestión NBT.
Módulo 3. Diseño de productos/experiencias NBT y gestión de calidad	16	Híbrido (virtual y práctica)	Diseñar experiencias NBT con enfoque de sostenibilidad, seguridad y calidad; definir propuesta de valor y estándares operativos.
Módulo 4. Turismo comunitario e interculturalidad operativa	16	Virtual síncrono/asíncrono	Aplicar enfoques de turismo comunitario para fortalecer organización, acuerdos y distribución de beneficios; identificar riesgos de conflictividad y diseñar salvaguardas operativas.
Módulo 5. Comercialización, marketing territorial y transformación digital	16	Virtual síncrono/asíncrono	Diseñar estrategia básica de comercialización y marketing digital para productos NBT; definir segmentación, canales y métricas; integrar identidad territorial.
Módulo 6. Indicadores, monitoreo y gestión adaptativa del destino	16	Virtual síncrono y laboratorio	Operacionalizar indicadores de sostenibilidad y gobernanza; definir fuentes, periodicidad y responsabilidades; proponer tablero de monitoreo para clúster.
Módulo 7. Proyecto integrador Selva–Aula (diseño aplicado)	24	Híbrido (presencial predominante)	Integrar normativa, evidencia y diseño pedagógico para formular una propuesta aplicada para un microclúster: cátedra como unidad transversal y salida diplomado, con instrumentos de seguimiento.

El diseño se orienta por competencias medibles y evidencias verificables, con evaluación mediante rúbricas y productos aplicados en microclústeres cantonales, coherente con pedagogía para turismo sostenible y enfoques experienciales (Mínguez et al., 2021; Farsari, 2022; Zhang et al., 2021). La estructura curricular del diplomado integra gobernanza territorial, marco normativo, diseño de productos NBT, turismo comunitario, comercialización digital y monitoreo mediante indicadores, culminando en un proyecto integrador Selva–Aula orientado a resultados aplicados en los microclústeres cantonales.

3.6. Matriz de indicadores operacionales

Se definió una matriz inicial de indicadores operacionales derivada de instrumentos territoriales (PDOT/PUGS), normativa aplicable y necesidades del clúster, organizada en dimensiones ambiental, socioeconómica, gobernanza/calidad y capacidades educativas. Cada indicador incluye definición operacional, fórmula/método, unidad, desagregación mínima, fuente primaria prevista, frecuencia y responsables. Las líneas base y metas se mantienen como campos pendientes hasta verificación de datos oficiales, para evitar reporte no sustentado. La matriz se presenta en la **Tabla 3**.

Tabla 3

Matriz inicial de indicadores operacionales

Dimensión	Indicador	Definición operacional	Fórmula / método de cálculo
Ambiental	% de atractivos con capacidad de carga definida y aplicada	Proporción de atractivos priorizados del sistema clúster NBT con capacidad de carga establecida (criterios + umbral) y con control operativo en ejecución.	$(\text{N}^\circ \text{ atractivos con capacidad de carga definida y aplicada} / \text{N}^\circ \text{ atractivos priorizados}) \times 100$
	Índice de cumplimiento de protocolos ambientales en prestadores NBT	Nivel de cumplimiento de un checklist mínimo de manejo de residuos, agua, energía, señalética y buenas prácticas en prestadores vinculados a clúster NBT.	$(\Sigma \text{ ítems cumplidos} / \Sigma \text{ ítems evaluados}) \times 100$, por establecimiento; reportar promedio y dispersión
	Incidentes ambientales asociados a actividad turística	Número de incidentes ambientales (derrames, basura crítica, perturbación fauna) reportados y verificados en sitios NBT por 1.000 visitantes.	$(\text{N}^\circ \text{ incidentes verificados} / \text{N}^\circ \text{ visitantes}) \times 1.000$
	% de sitios NBT con monitoreo de impactos en ejecución	Proporción de sitios NBT con al menos un protocolo de monitoreo de impacto (erosión, residuos, biodiversidad proxy) aplicado en el periodo.	$(\text{N}^\circ \text{ sitios con monitoreo aplicado} / \text{N}^\circ \text{ sitios NBT priorizados}) \times 100$

Dimensión	Indicador	Definición operacional	Fórmula / método de cálculo
Socioeconómica	% de empleo local en actividades turísticas	Proporción de puestos de trabajo turísticos ocupados por residentes locales (cantón) respecto al total de puestos reportados por prestadores.	$(\text{Empleo turístico local} / \text{Empleo turístico total}) \times 100$
	Ingreso turístico promedio por visitante	Ingreso/gasto promedio por visitante en el destino (por día o por visita), medido mediante encuesta estandarizada.	$\Sigma \text{ gasto declarado} / \text{N}^{\circ} \text{ visitantes encuestados (reportar media/mediana)}$ (Gasto capturado localmente / Gasto total estimado) $\times 100$ (método de encuesta/contabilidad simplificada)
	% de retención local del gasto turístico	Porcentaje del gasto turístico que permanece en economía local (ingresos a prestadores y compras locales).	(N° prestadores formalizados / N° prestadores identificados) $\times 100$
	Tasa de formalización de prestadores turísticos	Proporción de prestadores con registro/catastro vigente respecto a los prestadores identificados en territorio.	Índice = $\Sigma(\text{puntaje dimensión}_i \times \text{peso}_i) / \Sigma \text{ pesos}$; escala 1–5 o 1–10
Gobernanza / Calidad	Índice de satisfacción del visitante	Promedio ponderado de satisfacción en dimensiones mínimas (experiencia, seguridad, limpieza, interpretación, valor).	Conteo de instrumentos vigentes (vigencia + evidencia de ejecución mínima)
	Acuerdos interinstitucionales activos para gestión NBT	Número de convenios, actas o acuerdos vigentes orientados a coordinación y ejecución del clúster NBT (UEA–GAD–MINTUR–actores).	(Hitos ejecutados / Hitos planificados) $\times 100$
	Cumplimiento de hoja de ruta del clúster (hitos)	Porcentaje de hitos/acciones priorizadas del plan de trabajo del clúster ejecutadas en el periodo.	(N° atractivos con plan vigente / N° atractivos priorizados) $\times 100$
	% de atractivos con plan de seguridad y gestión de riesgos vigente	Proporción de atractivos priorizados con plan mínimo de seguridad (riesgos, señalización, protocolos, responsables) aprobado y vigente.	Conteo de certificados emitidos por cohorte y acumulado anual
Capacidades / Educativa	Participantes certificados en el diplomado NBT	Número de participantes que completan el diplomado con aprobación y certificación.	(Aprobados / Matriculados) $\times 100$
	Tasa de aprobación del diplomado NBT	Proporción de participantes matriculados que aprueban el diplomado.	

Dimensión	Indicador	Definición operacional	Fórmula / método de cálculo
	Proyectos Selva–Aula adoptados/implementados	Proporción de proyectos integradores del diplomado que son adoptados por actores (piloto o implementación parcial/total).	$\left(\frac{\text{Proyectos adoptados}}{\text{Proyectos presentados}} \right) \times 100$

4. Discusión

Los resultados refuerzan la idea central de la investigación: la brecha en Pastaza no se explica por carencia de recursos naturales o atractivos, sino por déficit de gobernanza y capacidades para coordinar actores, sostener continuidad organizativa y convertir información en decisiones. Esta lectura es consistente con la literatura sobre turismo comunitario y redes territoriales en Ecuador, donde el desempeño depende de soporte institucional y capacidades más que de intervenciones aisladas (Maldonado-Erazo et al., 2020). Asimismo, la evidencia en educación superior en turismo sostenible sugiere que la formación basada en competencias, con evaluación por desempeño y articulación con problemas reales del destino, es condición para generar cambio y no solo “capacitación” (Mínguez et al., 2021; Fernández-Villarán et al., 2024; Zhang et al., 2021).

En este marco, la contribución del estudio no es únicamente proponer un diplomado, sino formalizar una Cátedra como instrumento institucional con gobernanza, rendición de cuentas y ciclo de vida. El referente normativo comparado MES (2012) aporta un estándar mínimo al evidenciar que la cátedra no se sostiene por declaración, sino por un expediente formal, una estructura de dirección, funciones explícitas, un plan anual y un mecanismo de ratificación. La priorización del taller 1 es relevante porque convierte ese estándar en una secuencia de implementación: a) primero asegurar existencia legal y estructura; b) después desplegar funciones y productos. Sin este orden, la CGesTAN corre el riesgo de convertirse en una instancia nominal sin capacidad de operar ni de ser evaluada.

El taller 2 aporta una segunda capa crítica donde se deja claro que la sostenibilidad metodológica depende de que la CGesTAN produzca instrumentos técnicos y no solo

eventos. En particular, el modelo Selva–Aula como teoría de cambio permite conectar insumos normativos y evidencia territorial con actividades formativas y productos verificables, lo que mejora la evaluabilidad de una iniciativa compleja. Esta lógica es consistente con marcos contemporáneos de evaluación de cambio turístico, que recomiendan teoría de cambio y participación de *stakeholders* para sostener atribución plausible y uso de datos (Roodbari & Olya, 2024).

La inclusión de tendencias en indicadores y gobernanza del dato refuerza el tránsito desde “formación” hacia “gestión adaptativa del destino”, alineada a recomendaciones sobre sistemas de indicadores operacionales (Artal-Tur & Badillo-Amador, 2024; Epifani & Valente, 2023).

Hasta donde llegó esta investigación, se puede declarar un punto débil, consistente en la calidad de la evidencia de validación, pues no se incorporan actas detalladas, matrices de priorización con trazabilidad y doble codificación, la validez externa de los consensos de talleres se mantiene limitada. En consecuencia, la discusión debe interpretar los resultados como un diseño institucional y curricular técnicamente estructurado, con validación participativa inicial, pero no como un modelo ya probado en operación.

A partir de aquí, queda claro que la acción inmediata para elevar robustez y lograr el establecimiento de la Cátedra, es sistematizar talleres con matrices y criterios de aceptación, y completar la trazabilidad normativa local (PDOT/PUGS/ordenanzas) para anclar los fundamentos jurídicos en normativa ecuatoriana vigente actual, más allá del *benchmark* comparado.

5. Conclusiones

- El estudio alcanzó el objetivo de proponer fundamentos jurídicos, metodológicos y prácticos para la creación de la Cátedra para la Gestión del Turismo Amazónico basado en la Naturaleza (CGesTAN) como instrumento institucional orientado a fortalecer capacidades y gobernanza del sistema clúster NBT en Pastaza y sus cuatro microclústeres cantonales.
- En el plano jurídico-organizativo, la CGesTAN se define como una unidad académica transversal que requiere formalización mediante expediente de creación, definición de adscripción, estructura de gobernanza interna y un ciclo de gestión con plan anual,

rendición de cuentas y ratificación periódica. Estos elementos delimitan un mínimo institucional viable que evita que la propuesta se reduzca a una declaración sin capacidad operativa.

- En el plano metodológico, se consolidó el modelo Selva–Aula como teoría de cambio que articula formación, territorio e instrumentos, habilitando un bucle de mejora continua sustentado en trazabilidad normativa e indicadores operacionales. En el plano práctico, la CGesTAN se operacionaliza en una primera fase mediante un diplomado de 120 horas en modalidad híbrida, con evaluación por evidencias y productos aplicados en microclústeres, y con mecanismos de articulación interinstitucional para reducir fragmentación y sostener decisiones basadas en evidencia.
- Como aporte a la gestión del turismo NBT en Pastaza, la propuesta integra estructura institucional, currículo y monitoreo en un mismo sistema, lo que incrementa su evaluabilidad y su potencial de sostenibilidad. Para fortalecer validez y transferencia, el siguiente paso técnico es completar la trazabilidad normativa local, sistematizar talleres con matrices verificables y pilotear la CGesTAN con al menos una cohorte del diplomado y seguimiento de adopción de instrumentos por actores del clúster. Harán referencia a los objetivos alcanzados o demostrados.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Declaración de contribución de los autores

Ambos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con del Proyecto UEA-125 (2025): NBT-ConnectingClusters: Mecanismo de gestión para la conexión de clústeres turísticos basados en la naturaleza amazónica de la provincia de Pastaza. Código único del Proyecto (CUP): 91850000.0000.390211. Entidad (UDAF): Universidad Estatal Amazónica. Entidad operativa desconcentrada (EOD): Universidad Estatal Amazónica, Decanato de Investigación.

9. Referencias bibliográficas

- Artal-Tur, A., & Badillo-Amador, L. (2024). Systems of tourism sustainability indicators: A comparative analysis of the international, European, and Spanish proposals. *Smart Tourism*, 5(2), Article 2800. <https://doi.org/10.54517/st2800>
- Bock, I. A., Costa, R., Rodrigues, C., & Macke, J. (2021). Examining the concept of governance in tourism research. *Tourism and Hospitality Management*, 27(3), 629–668. <https://doi.org/10.20867/thm.27.3.9>
- Epifani, F., & Valente, D. (2023). Sustainable governance of tourism-based social–ecological landscapes. *Sustainability*, 15(22), Article 15967. <https://doi.org/10.3390/su152215967>
- Farsari, I. (2022). Pedagogy for sustainable tourism: Reflections on the curriculum space of a master programme in Sweden. *Journal of Teaching in Travel & Tourism*, 22(1), 6–35. <https://doi.org/10.1080/15313220.2021.1978127>
- Fernández-Villarán, A., Guereño-Omil, B., & Ageitos, N. (2024). Embedding sustainability in tourism education: Bridging curriculum gaps for a sustainable future. *Sustainability*, 16(21), Article 9286. <https://doi.org/10.3390/su16219286>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Pastaza. (2022, diciembre 22). *Ordenanza Nro. 042-2022 - Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2020–2030 y el Plan de Uso y Gestión de Suelo 2020–2032* (Registro Oficial Edición Especial N.º 668). https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2023-08/PUGS_35.pdf
- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza [GAD]. (2019). Resolución N° 075-GADPPz-2019: Reglamento de la Mesa de Turismo de la Provincia de Pastaza. https://pastaza.gob.ec/baselegal/resolucion_075_gadppz_2019.pdf
- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza [GAD]. (2022). Agenda 2030 de Turismo de Pastaza. https://pastaza.gob.ec/turismo/planes/agenda_2030_turismo_pastaza.pdf
- Ivars-Baidal, J. A., Soares, J. C., Costa, C., & González, M. V. (2025). Destination management model transfer: smart tourism destinations in Latin America. *Tourism Review*. <https://doi.org/10.1108/tr-02-2025-0128>

- Maldonado-Erazo, C. P., del Río-Rama, M. d. I. C., Noboa-Viñán, P., & Álvarez-García, J. (2020). Community-based tourism in Ecuador: Community ventures of the provincial and cantonal networks. *Sustainability*, 12(15), Article 6256. <https://doi.org/10.3390/su12156256>
- Mínguez, C., Martínez-Hernández, C., & Yubero, C. (2021). Higher education and the sustainable tourism pedagogy: Are tourism students ready to lead change in the post pandemic era? *Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education*, 29, 100329. <https://doi.org/10.1016/j.jhlste.2021.100329>
- Ministerio de Educación Superior de Cuba [MES]. (2012). *Resolución No. 90/2012: Cátedras honoríficas*. <https://instituciones.sld.cu/fcmec/files/2017/11/Resol-90-12-C%C3%A1tedras-Honor%C3%ADficas.pdf>
- Ordóñez Bravo, E. F., Fernández Sánchez, L. del R., Auquilla Belema, L. A., & Silva Viteri, X. A. (2020). Management of community tourism in the indigenous sector of the province of Chimborazo. Case: La Moya. *Explorador Digital*, 4(4), 6–26. <https://doi.org/10.33262/exploradordigital.v4i4.1412>
- Probst, L. (2022). Higher education for sustainability: a critical review of the empirical evidence 2013–2020. *Sustainability*, 14, 3402. <https://doi.org/10.3390/su14063402>
- Roodbari, H., & Olya, H. (2024). An integrative framework to evaluate impacts of complex tourism change initiatives. *Tourism Management*, 100, 104829. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2023.104829>
- Universidad Estatal Amazónica [UEA]. (2025, abril 8). *Resolución HCU-UEA-SO-III No. 0060-2025: Dictamen de prioridad (2025–2027) del proyecto “NBT-Connecting Clusters: mecanismo de gestión para la conexión de clústeres turísticos basados en la naturaleza amazónica de la provincia de Pastaza”*. <https://www.uea.edu.ec/sgd/index.php?id=NjY0MzY%3D&r=expedientearchivo%2Fpublic>
- Volgger, M., Erschbamer, G., & Pechlaner, H. (2021). Destination design: New perspectives for tourism destination development. *Journal of Destination Marketing & Management*, 19, 100561. <https://doi.org/10.1016/j.jdmm.2021.100561>

- Xiangju Zhang, Linsheng Zhong, & Hu Yu. (2022). Sustainability assessment of tourism in protected areas: A relational perspective, *Global Ecology and Conservation*, 35, e02074. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02074>
- Zhang, K., Wang, H., Wang, J., Li, C., & Zhang, J. (2021). Nature-based experiential learning as a framework for preparing responsible tourism practitioners. *Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education*, 29, 100297. <https://doi.org/10.1016/j.jhlste.2020.100297>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Alfa Publicaciones**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Alfa Publicaciones**.



Elaboración de una guía didáctica para favorecer el aprendizaje de la química en estudiantes de la sección nocturna de la Unidad Educativa La Concordia

Development of a teaching guide to promote the learning of chemistry in students of the night section of the La Concordia Educational Unit

- ¹ Jenniffer Karina Estupiñan Plaza  <https://orcid.org/0009-0005-7626-2175>
Universidad Técnica de Manabí (UTM), Manabí, Ecuador.
Maestría en Pedagogía de las Ciencias Experimentales con mención en Química y Biología.
jestupinan2137@utm.edu.ec
- ² Joan Rodríguez Díaz  <https://orcid.org/0000-0002-3791-8849>
Universidad Técnica de Manabí (UTM), Manabí, Ecuador.
Maestría en Pedagogía de las Ciencias Experimentales con mención en Química y Biología.
joan.rodriguez@utm.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 08/02/2026

Revisado: 10/03/2026

Aceptado: 15/04/2026

Publicado: 13/05/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v8i2.687>

Cítese:

Estupiñan Plaza, J. K., & Rodríguez Díaz, J. (2026). Elaboración de una guía didáctica para favorecer el aprendizaje de la química en estudiantes de la sección nocturna de la Unidad Educativa La Concordia. *AlfaPublicaciones*, 8(2), 51–70.
<https://doi.org/10.33262/ap.v8i2.687>



ALFA PUBLICACIONES, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://alfapublicaciones.com>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Palabras claves:

Educación nocturna;
enseñanza de la
química;
metodologías
activas;
instrucción
contextualizada;
RTOP;
SMQ-II.

Keywords:

Night education;
teaching chemistry;
active

Resumen

Introducción: la enseñanza de la química en educación secundaria presenta retos persistentes que se agravan en contextos de jornada nocturna por las condiciones sociolaborales del estudiantado. **Objetivos:** este estudio evaluó la eficacia de una guía didáctica activa y contextualizada para enseñar hidrocarburos en bachillerato nocturno. **Metodología:** diseño cuasi-experimental pretest–post test con grupo de comparación no equivalente e integración mixta de métodos. Participaron dos cursos intactos (intervención, $n = 23$; comparación, $n = 5$) durante 12 semanas. Se utilizaron una prueba conceptual de 20 ítems, el *Science Motivation Questionnaire II* (SMQ-II) y observación de aula con RTOP; el análisis cuantitativo incluyó t pareadas, t de Welch y ANCOVA con el pretest como covariable, complementados con un cuestionario de satisfacción y entrevistas breves. **Resultados:** El grupo de intervención mostró mejoras sustantivas en desempeño; la ANCOVA del post test, ajustada por pretest, indicó un efecto de grupo relevante ($\eta^2 = 0.34$). En motivación, el incremento medio del SMQ-II fue de $\Delta = 10.3$ puntos, frente a cambios mínimos en el grupo de comparación. Las observaciones RTOP evidenciaron alta fidelidad en la implementación de prácticas centradas en el estudiante, mientras que el grupo control mantuvo un enfoque principalmente expositivo. **Conclusiones:** la evidencia cualitativa fue coherente con los resultados cuantitativos, destacando satisfacción, pertinencia y mayor participación. Pese a las limitaciones del diseño (grupos no equivalentes y tamaño reducido del control), los hallazgos sugieren que materiales de bajo costo y alta relevancia local pueden mejorar aprendizaje y motivación en contextos nocturnos; su integración curricular debería contemplar formación docente y monitoreo de implementación.

Área de estudio general: Educación

Área de estudio específica: Pedagogía de la química

Tipo de artículo: Revisión bibliográfica narrativa

Abstract

Introduction: The teaching of chemistry in secondary education presents persistent challenges that are aggravated in contexts of night shifts due to the socio-labor conditions of the

methodologies;
contextualized
instruction; RTOP;
SMQ-II.

students. **Objectives:** This study evaluated the efficacy of an active and contextualized didactic guide to teach hydrocarbons in night high school. **Methodology:** quasi-experimental pre-test-post-test design with a non-equivalent comparison group and mixed integration of methods. Two intact courses (intervention, $n = 23$; comparison, $n = 5$) were involved for 12 weeks. A 20-item conceptual test, the *Science Motivation Questionnaire II* (SMQ-II) and classroom observation with RTOP were used; the quantitative analysis included *paired t*-tests, *Welch's t*-test and *ANCOVA with the pre-test as a covariate, complemented by a satisfaction questionnaire and brief interviews*. **Results:** The intervention group showed substantial improvements in performance; the post-test ANCOVA, adjusted for pretest, indicated a relevant group effect ($\eta^2 = 0.34$). In motivation, the mean increase in SMQ-II was $\Delta = 10.3$ points, compared to minimal changes in the comparison group. The RTOP observations showed high fidelity in the implementation of student-centered practices, while the control group maintained a mainly expository approach. **Conclusions:** Qualitative evidence was consistent with quantitative results, highlighting satisfaction, relevance, and greater participation. Despite the limitations of the design (non-equivalent groups and small control size), the findings suggest that low-cost materials with high local relevance can improve learning and motivation in night-time contexts; Its curricular integration should include teacher training and implementation monitoring.

General area of study: Education

Specific area of study: Chemistry pedagogy

Article type: Narrative literature review

1. Introducción

La enseñanza de la química en educación secundaria presenta retos persistentes que se agravan en contextos de jornada nocturna por las condiciones sociolaborales del estudiantado (cansancio, menor tiempo para estudio autónomo, trayectorias educativas heterogéneas). Estos factores inciden en la motivación, continuidad y rendimiento, y demandan estrategias didácticas ajustadas a su realidad (Cabrera, 2017; Troya et al., 2019). A nivel disciplinar, además, la química suele percibirse como abstracta y de alta

complejidad, con dificultades conocidas en la comprensión conceptual y en la conexión entre diferentes niveles de representación (macroscópico, submicroscópico y simbólico), lo que afecta el interés y la permanencia (Toro, 2023; Cardellini, 2012; Bueno & González, 2021). En este escenario, urge alinear la enseñanza con las características del alumnado nocturno y con los avances de la investigación en didáctica de la química (Barreno & Guevara, 2022).

El valor formativo de la química es indiscutible: aporta a la cultura científica, al pensamiento crítico y a la comprensión de problemas contemporáneos ligados a salud, ambiente, materiales e industria. La investigación en educación química ha transitado desde el empirismo práctico hacia marcos teóricos y evidencia robusta para mejorar el aprendizaje y la docencia disciplinar (Cooper & Stowe, 2018; Moran & Campoverde, 2024). Esta evolución respalda el diseño de recursos didácticos situados como guías y secuencias que integren contexto, investigación escolar e interacciones colaborativas (Caizaluisa et al., 2024).

Pese a su relevancia, en muchas aulas predomina un modelo expositivo centrado en la transmisión y la memorización, que tiende a desactivar al estudiante y limita la comprensión profunda, especialmente en poblaciones con tiempo y energía restringidos como la nocturna (Prince, 2004). En contraste, los enfoques que promueven aprendizaje significativo, construcción activa desde los saberes previos han ganado sustento teórico y empírico en las últimas décadas (Merizalde et al., 2024; Villasagua et al., 2025; Catota et al., 2025).

El estado del arte muestra evidencia consistente: las metodologías activas mejoran el rendimiento y reducen las tasas de fracaso en STEM (Freeman et al., 2014), y contribuyen a cerrar brechas de logro en grupos subatendidos (Theobald et al., 2020; Quindil et al., 2026). En química, propuestas concretas combinan indagación, historia y naturaleza de la ciencia, problemas contextualizados y TIC, por ejemplo, en el tratamiento de ácidos-bases, con resultados promisorios en comprensión y motivación (Jiménez-Liso et al., 2020; Quiñónez et al., 2025). Estos hallazgos orientan el diseño de guías didácticas como dispositivos que estructuran tareas, materiales y formas de evaluación alineadas con objetivos y contextos.

Desde esta base, se plantea la justificación de una intervención situada en la sección nocturna de la Unidad Educativa La Concordia: un recurso que atienda restricciones de tiempo y diversidad de trayectorias ofrezca actividades breves, significativas y contextualizadas al mundo laboral y cotidiano del estudiantado, y facilite su implementación por el profesorado. En consecuencia, el objetivo del estudio es elaborar una guía didáctica para favorecer el aprendizaje de la química en estudiantes de la sección nocturna, articulando estrategias activas y criterios de aprendizaje significativo, y

evaluando su impacto en motivación, participación y desempeño académico (Cabrera, 2017; Freeman et al., 2014).

2. Metodología

Se adoptó un diseño cuasi-experimental de tipo pretest–post test con grupo de comparación no equivalente, complementado con un componente cualitativo (entrevistas y cuestionario de percepción) para explicar los resultados observados (métodos mixtos) (Campbell & Stanley, 1963; Creswell & Plano, 2018). La elección del diseño obedece a las restricciones propias del contexto escolar (grupos intactos y ausencia de aleatorización). El pretest permitió estimar y controlar diferencias iniciales entre grupos; en el análisis se consideró ANCOVA con el pretest como covariable cuando resultó pertinente.

El estudio se realizó en la sección nocturna de la *Unidad Educativa La Concordia* con dos cursos intactos de 3.º año de bachillerato: el grupo de intervención, correspondiente a la especialidad de ciencias, integrado por 23 estudiantes ($n = 23$), y el grupo de comparación, perteneciente a la especialidad de contabilidad, conformado por 5 estudiantes ($n = 5$). La selección de los grupos fue intencional por conveniencia, atendiendo a la disponibilidad institucional y a la comparabilidad de contenidos entre paralelos, tal como es habitual en contextos escolares donde no es factible la asignación aleatoria (Otzen & Manterola, 2017). Se obtuvo la autorización de la institución y el consentimiento informado de los participantes (y de sus representantes cuando correspondía). Con el fin de reducir la variabilidad atribuible al docente, se procuró que la misma profesora impartiera ambos cursos bajo sus respectivas condiciones pedagógicas, de modo que la estrategia didáctica (guía vs. práctica habitual) constituyera el principal factor diferenciador entre grupos.

2.1. Intervención didáctica

Se implementó una guía didáctica sobre hidrocarburos durante 12 semanas, de lunes a jueves (**Tabla 1**). La secuencia integró metodologías activas y materiales/seguridad de bajo riesgo (**Tabla 2**). El proyecto integrador y sus criterios se detallan en la **Tabla 10**. El grupo de comparación trabajó los mismos contenidos con la práctica habitual (enfoque expositivo y ejercicios del texto), sin acceso a la guía durante el periodo de estudio.

1) Cronograma de 12 semanas

Tabla 1
Cronograma de 12 semanas

Semana	Eje/tema	RA específicos	Actividades clave	Evidencias	Instrumentos/Obs.
1	Introducción y modelos (alcanos)	Reconoce familias y representaciones	Modelado CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₃ H ₈ ; comparación longitud–propiedades	Foto de modelos; glosario	Ticket salida; lista cotejo
2	Alcanos: isomería y propiedades	Distingue isómeros; explica inmiscibilidad	Reto de isómeros C ₄ H ₁₀ /C ₅ H ₁₂ ; micro prueba agua–aceite	Tabla de observaciones; mapa simple	Ticket salida
3	Nomenclatura IUPAC I (alcanos)	Aplica reglas básicas	Estaciones de ejercicios graduados; coevaluación	Hoja de trabajo	Rúbrica breve
4	Nomenclatura IUPAC II	Consolida reglas y evita errores comunes	Bingo de nombres; casos reales (parafinas)	Lista de trampas	Mini-quiz
5	Alquenos: geometría e insaturación	Explica E/Z y reactividad cualitativa	Modelos con restricción; simulación de adición	Captura + explicación	Ticket salida
6	Alquinos y reactividad comparada	Compara grado de insaturación	Tabla comparativa; problemas guiados	Cuadro resumen	Ticket salida
7	Nomenclatura de alquenos/alquinos	Nombra y estructura dobles/triples	Torneo relámpago; feedback inmediato	Resultados del torneo	Mini-quiz
8	Isomería (integración)	Reconoce cadena/posición/funcional y cis–trans	Rompecabezas de tarjetas; justificación	Matriz de isomería	Autoevaluación guiada
9	Aromáticos (benceno y derivados)	Describe rasgos del benceno y usos	Historia + modelado; lectura de etiquetas	Ficha SDS comentada	Ticket salida
10	Usos, riesgos y ambiente (GLP, BTEX)	Interpreta SDS y medidas de mitigación	Caso GLP doméstico; mapa de riesgos	Infografía de seguridad	Rúbrica de producto
11	Proyecto integrador (diseño)	Aplica saberes en producto comunicable	Diseño de póster/infografía + retroalimentación	Borrador del póster	Rúbrica de proyecto
12	Socialización y cierre	Comunica hallazgos y reflexiona	Micro-presentaciones y galería	Producto final + autoevaluación	Post-test + encuesta

2) Materiales y seguridad (opciones de bajo riesgo)
Tabla 2
Materiales y seguridad (opciones de bajo riesgo)

Actividad	Materiales	Riesgos previsibles	Mitigación/EPP
Modelado e isomería	Kits o palillos + bolitas/plastilina	Mínimos (piezas pequeñas)	Orden; evitar ingestión; almacenamiento
Densidad y solubilidad	Agua, aceite mineral/parafina líquida, colorante	Derrames; resbalones	Paños/arena; limpieza inmediata; guantes

Tabla 2

Materiales y seguridad (opciones de bajo riesgo) (continuación)

Actividad	Materiales	Riesgos previsibles	Mitigación/EPP
Insaturación (virtual)	Simulación/visor 3D	N/A	Equipos en buen estado; tiempo limitado
Combustión (demo docente)	Vela parafina, vaso, varilla, extintor/arena	Llama/quemaduras; humo	Solo docente; ventilación; extintor; distancia de seguridad
Lectura de SDS	Hojas SDS/etiquetas	Corte de papel	Manejo cuidadoso; archivadores

3) Evaluación y ponderación sugerida

Tabla 3

Evaluación y ponderación sugerida

Instrumento	Descripción	Momento	Ponderación
Prueba conceptual (20 ítems)	Contenidos de hidrocarburos; pre/post	Semana 0 y 13	25 %
Prácticas y mini-informes (4)	Evidencias de actividades y análisis breve	Semanas 1–11	30 %
Proyecto integrador	Póster/infografía + pitch 3–4 min	Semanas 10–12	25 %
Formativo continuo	Tickets de salida, mapas, ejercicios	Cada sesión	20 %

4) Prácticas (micro-fichas resumidas)

Tabla 4

Prácticas (micro-fichas resumidas)

Práctica	Meta	Materiales	Pasos (resumen)	Evidencia	Seguridad
P1: Modelado e isomería	Reconocer saturación e isomería de cadena	Kits o palillos + bolitas	Armar CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₃ H ₈ ; isómeros de C ₄ H ₁₀ y C ₅ H ₁₂ ; dibujar esqueleto	Foto + tabla de isómeros	Sin riesgos químicos; orden
P2: Densidad/solubilidad	Relacionar apolaridad con inmiscibilidad	Agua, aceite mineral, colorante	Mezclar fases; observar; registrar	Croquis + explicación 3–4 líneas	Sin llama; limpieza de derrames
P3: Insaturación (virtual)	Visualizar adición a dobles enlaces	Simulador/visor 3D	Comparar saturada vs insaturada; simular adición	Captura + explicación	Tiempo de uso controlado
P4: Combustión (demo)	Evidenciar productos de combustión	Vela, vaso, extintor/arena	Demostración docente; discusión	Reflexión breve	Solo docente; ventilación

5) Rúbricas de evaluación (extracto)

5.1) Rúbrica de informe práctico (10 pts)

Tabla 5

Rúbrica de Informe Práctico (10 pts)

Criterio	Descripción de logro	Puntaje
Seguridad	Cumple normas (EPP, orden, residuos)	2
Procedimiento	Sigue pasos y justifica decisiones	2
Datos/Tablas	Registra con claridad y unidades	2
Análisis/Discusión	Interpreta resultados con conceptos	3
Conclusión	Síntesis coherente con evidencias	1

5.2) Rúbrica de trabajo en equipo (10 pts)

Tabla 6

Rúbrica de Trabajo en Equipo (10 pts)

Criterio	Descripción de logro	Puntaje
Roles	Roles definidos y cumplidos	2
Participación	Aportes equilibrados y respetuosos	3
Gestión del tiempo	Planifica y cumple plazos	2
Producto	Entrega completa y de calidad	3

5.3) Rúbrica de proyecto integrador (20 pts)

Tabla 7

Rúbrica de Proyecto Integrador (20 pts)

Criterio	Descripción de logro	Puntaje
Contenido y rigor	Explica consumo/uso, riesgos y alternativas	8
Comunicación	Claridad visual y oral; estructura	6
Fuentes y citas	≥3 fuentes y referencias básicas	3
Gestión del tiempo	Cumple hitos (borrador/final)	3

6) Instrumentos formativos (plantillas)

Tabla 8

Instrumentos formativos (plantillas)

Instrumento	Plantilla/Ítems sugeridos
Ticket de salida	1) Idea clave de hoy · 2) Duda que me queda · 3) Aplicación en casa/trabajo
Lista de cotejo de nomenclatura	Identifica cadena principal · Numeración correcta · Ubica índices · Ordena sustituyentes · Sufijo correcto

Tabla 8
Instrumentos formativos (plantillas)(continuación)

Instrumento	Plantilla/Ítems sugeridos
Mapa de conceptos (15 min)	Usar 10 términos mínimos y 5 conectores sugeridos; incluir ejemplo cotidiano
Entrevista breve (estudiantes)	Utilidad de la guía · Actividades más valiosas · Dificultades · Sugerencias
Encuesta de satisfacción	Ítems Likert 1–5 sobre: claridad, interés, utilidad, trabajo colaborativo, recursos TIC

7) Proyecto integrador: “hidrocarburos en mi entorno”

Tabla 9
Proyecto integrador: “hidrocarburos en mi entorno”

Aspecto	Requisitos mínimos	Evidencia
Producto	Póster/infografía + pitch 3–4 min por equipo	Archivo digital + presentación
Contenido	Consumo local (GLP/gasolinas), riesgos/mitigación, alternativas/eficiencia	Secciones claras y referenciadas
Fuentes	≥3 fuentes (SDS, textos, sitios institucionales)	Listado al pie
Evaluación	Rúbrica 20 pts (contenido, comunicación, fuentes, tiempos)	Ficha de rúbrica firmada

8) Procedimiento y control de fidelidad

Tabla 10
Procedimiento y control de fidelidad

Hito	Descripción	Registro/Instrumento
Semana 0	Pretest conceptual + SMQ-II	Hojas codificadas; base de datos
Semanas 2, 6, 12	Observación de clase (fidelidad)	RTOP con notas breves
Semana 13	Post-test + encuesta de satisfacción	Hojas codificadas; formulario
Entrevistas	Submuestra de estudiantes + docente	Guion y transcripción

2.2. Instrumentos

Como medidas de resultado se utilizaron: (i) una prueba conceptual de 20 ítems alineada al currículo (clasificación, nomenclatura IUPAC básica, propiedades y aplicaciones), con validez de contenido por juicio de expertos y consistencia interna estimada en piloto externo (criterio $\alpha \geq .70$); (ii) el *Science Motivation Questionnaire II* (SMQ-II), versión adaptada al español mediante retro traducción, para evaluar dimensiones de motivación hacia la ciencia (Glynn et al., 2011); (iii) observación de aula con RTOP para documentar el grado de prácticas centradas en el estudiante y la fidelidad de implementación (Sawada et al., 2002); y (iv) un cuestionario breve de satisfacción más entrevistas

semiestructuradas a una submuestra de estudiantes y a la docente del grupo de intervención. El esquema de evaluación y ponderación de evidencias se resume en la **Tabla 3**. Las micro fichas de prácticas se presentan en **Tabla 5**; las rúbricas en **Tabla 6**, **Tabla 7**, **Tabla 8**; las plantillas de instrumentos formativos en **Tabla 9**; y los requisitos del proyecto integrador en **Tabla 10**.

2.3. Procedimiento

Semana 0: aplicación de pretest (prueba conceptual y SMQ-II) en ambos grupos. Semanas 1–12: implementación de la guía en el grupo intervención; el grupo comparación cursó los mismos temas con docencia habitual. Se realizaron observaciones RTOP en hitos (p. ej., semanas 2, 6 y 12) para verificar fidelidad de implementación (**Tabla 4**). Semana 13: post test (prueba conceptual y SMQ-II) en ambos grupos; en el grupo intervención se administró el cuestionario de satisfacción y se realizaron entrevistas breves.

2.4. Análisis de datos

- Cuantitativo: descriptivos; contrastes pre–post dentro de cada grupo (t pareada o Wilcoxon según supuestos); comparación de ganancias entre grupos (t de Welch) y, cuando procedió, ANCOVA con el pretest como covariable. Se reportaron tamaños del efecto (d de Cohen) e IC95%.
- Cualitativo: análisis temático de entrevistas y respuestas abiertas con doble codificación y triangulación, integrando los hallazgos con los resultados cuantitativos para fortalecer la validez interpretativa.

2.5. Consideraciones éticas y de calidad

Se garantizó voluntariedad, anonimato y resguardo de datos. La fidelidad de implementación se documentó con RTOP. Como medida de equidad, el grupo de comparación recibió la guía una vez concluida el estudio. Las limitaciones inherentes al diseño (ausencia de aleatorización, tamaño reducido del grupo control) se mitigaron mediante medición de línea base, control estadístico y triangulación de métodos.

3. Resultados

Los resultados del estudio se presentan en tres niveles complementarios. En primer lugar, se reportan los hallazgos cuantitativos del desempeño académico en química y de la motivación hacia la ciencia, comparando el grupo de intervención con el grupo de comparación. En segundo lugar, se exponen los resultados cualitativos derivados de cuestionarios y entrevistas, que permiten profundizar en la experiencia de los participantes. Finalmente, se integran ambos enfoques mediante un proceso de

triangulación, con el propósito de ofrecer una interpretación comprensiva de los efectos de la intervención didáctica.

3.1. Resultados cuantitativos (descriptivos y comparativos)

Se presentan primero los hallazgos cuantitativos del pretest y post test de la prueba de desempeño en química (prueba conceptual de 20 ítems) y del SMQ-II (motivación hacia la ciencia), comparando el grupo de intervención (guía didáctica) con el grupo de comparación (metodología tradicional). Además, se incluyen evidencias de observación de aula para corroborar la fidelidad de implementación. A continuación se informan medias (M), desviaciones estándar (DE), tamaños muestrales (n) y contrastes estadísticos.

3.1.1. Desempeño académico (prueba conceptual de 20 ítems)

Grupo intervención (n = 23): El desempeño aumentó de M = 9.05 (DE = 1.94) en el pretest a M = 14.60 (DE = 2.50) en el post test (**Tabla 11**). La mejora fue estadísticamente significativa ($t(22) = 12.24, p < 0.001$), con tamaño del efecto grande (d pareada = 2.55, IC del 95 % [4.61, 6.49]) (**Tabla 12**).

Tabla 11

Descriptivos de la prueba conceptual (0–20) por grupo

Grupo	Pretest M (DE)	Post test M (DE)	Ganancia M (DE)
Intervención (n = 23)	9.05 (1.94)	14.60 (2.50)	5.55 (2.18)
Comparación (n = 5)	6.74 (2.03)	8.78 (2.54)	2.05 (3.31)

Nota. Medias (M) y desviaciones estándar (DE).

Grupo comparación (n = 5): El rendimiento pasó de M = 6.74 (DE = 2.03) a M = 8.78 (DE = 2.54) (**Tabla 11**). Aunque la ganancia media (~2.05 puntos) fue positiva, no resultó significativa ($t(4) = 1.38, p = .239$; d = 0.62; IC del 95 % [-2.06, 6.15]) (**Tabla 12**).

Tabla 12

Mejora dentro de grupo en la prueba conceptual (pre–post)

Grupo	Δ media	t (gl)	p	IC95% Δ	d (pareada)
Intervención	5.55	12.24 (22)	0.00	[4.61, 6.49]	2.55
Comparación	2.05	1.38 (4)	0.23	[-2.06, 6.15]	0.62

Nota. Pruebas t pareadas sobre la diferencia post–pre (Δ). d de Cohen calculado como $\Delta/DE(\Delta)$.

Diferencia entre grupos: La ganancia media fue mayor en el grupo de intervención ($\Delta = 5.55$) que en el de comparación ($\Delta = 2.05$). La comparación de ganancias mediante t de Welch indicó una tendencia no significativa a favor de la intervención ($t(4.8) = 2.26, p = .075$; dif. = 3.51, IC del 95 % [-0.53, 7.54]; g de Hedges = 1.43) (**Tabla 13**).

Tabla 13

Comparación de ganancias (post-pre) entre grupos: t de Welch y tamaño del efecto

Comparación de ganancias	Dif. de medias	t de Welch (gl)	p	IC95% dif.	g de Hedges
Intervención – Comparación	3.51	2.26 (4.8)	0.0754	[-0.53, 7.54]	1.43

Nota. g de Hedges calculado con corrección por pequeño tamaño muestral.

Dado el tamaño reducido del grupo de comparación y la heterogeneidad de varianzas, se complementó con un modelo ANCOVA del post test ajustando por pretest, que confirmó un efecto de grupo significativo: $F(1, 25) = 12.92, p = .0014, \eta^2 = .34$; medias ajustadas: Control = 9.89, Intervención = 14.36; diferencia ajustada = 4.48 (IC del 95 % [1.91, 7.04]) (Tabla 14). En conjunto, los resultados sugieren un efecto sustantivo de la guía didáctica sobre el desempeño, especialmente cuando se controla el nivel inicial.

Tabla 14

ANCOVA del post test de la prueba conceptual ajustando por pretest

Efecto	F (gl)	p	η^2	Media ajustada Control	Media ajustada Intervención	Dif. ajustada (IC95%)
Grupo (ajustado por pretest)	12.92 (1, 25)	0.0014	0.34	9.89	14.36	4.48 ([1.91, 7.04])

Nota. Modelo: Post test = $\beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Grupo}$ (1=Intervención) + $\beta_2 \cdot \text{Pretest}$. Medias ajustadas estimadas al promedio global del pretest.

3.1.2. Motivación hacia la ciencia (SMQ-II)

Grupo intervención (n = 23): La motivación aumentó de M = 65.9 (DE = 9.2) en el pretest a M = 76.2 (DE = 7.8) en el post test (Tabla 15).

Tabla 15

Descriptivos del SMQ-II (0–100) por grupo

Grupo	Pretest M (DE)	Post Test M (DE)	Δ M (DE)
Intervención (n=23)	65.9 (9.2)	76.2 (7.8)	10.3 (8.3)
Comparación (n=5)	60.9 (13.3)	62.8 (14.4)	1.9 (5.2)

Nota. SMQ-II total estandarizado en escala 0–100.

La mejora fue estadísticamente significativa ($t(22) = 5.90, p < .001$), con tamaño del efecto grande (d pareada = 1.23, IC del 95 % de Δ [6.7, 13.9]) (Tabla 16). Análisis desagregados exploratorios (no tabulados) sugieren mayores ganancias en interés intrínseco y autoeficacia.

Tabla 16

Mejora dentro de grupo en motivación (SMQ-II)

Grupo	Δ media	t (gl)	p	IC95% Δ	d (pareada)
Intervención	10.3	5.90 (22)	0.0000	[6.7, 13.9]	1.23
Comparación	1.9	0.80 (4)	0.4679	[-4.6, 8.3]	0.36

Nota. Pruebas t pareadas sobre la diferencia post–pre (Δ).

Grupo comparación (n = 5): La puntuación pasó de M = 60.9 (DE = 13.3) a M = 62.8 (DE = 14.4) (**Tabla 15**), cambio no significativo ($t(4) = 0.80$, $p = .4679$; $d = 0.36$) (**Tabla 16**).

Diferencia entre grupos: El aumento de motivación fue mayor en intervención ($\Delta = 10.3$) que en comparación ($\Delta = 1.9$) (**Tabla 15**, **Tabla 16**). Aunque los niveles iniciales fueron comparables, en el post test la motivación del grupo con guía superó a la del control en ≈ 13 puntos. Un análisis adicional del post test ajustado por pretest (no tabulado) indicó diferencia significativa ($p < .05$), coherente con el efecto observado en desempeño académico.

3.1.3. Observación de la implementación (RTOP, fidelidad metodológica)

Las observaciones de aula mediante RTOP corroboraron diferencias marcadas en las metodologías aplicadas. En el grupo de intervención, la puntuación media fue 74.0/100 (DE = 1.7; rango 70–80 en tres observaciones), lo que evidencia un alto grado de prácticas centradas en el estudiante y una implementación consistente de estrategias activas (p. ej., discusiones, trabajo colaborativo y experimentación guiada) (**Tabla 17**). En contraste, el grupo de comparación obtuvo 28.0/100 (DE = 2.0; rango 25–30), reflejando una clase predominantemente expositiva y de baja participación. Esta diferencia, sostenida a lo largo del periodo de seguimiento (semanas 2, 6 y 12), respalda la integridad del contraste pedagógico entre condiciones.

Tabla 17

RTOP: fidelidad de implementación de la intervención

Grupo	Media RTOP	DE	Observaciones (n)
Intervención	74.0	1.7	3
Comparación	28.0	2.0	3

Nota. Tres observaciones por grupo en semanas 2, 6 y 12. RTOP 0–100 (más alto = mayor grado de prácticas centradas en el estudiante).

En conjunto con los resultados de rendimiento (**Tabla 11**, **Tabla 12**, **Tabla 13**, **Tabla 14**), y motivación (**Tabla 15**, **Tabla 16**), la evidencia RTOP confirma que la guía didáctica se asoció con entornos de aprendizaje más activos y, consecuentemente, con mejoras

sustantivas en el desempeño conceptual (mejoras dentro de grupo significativas y efecto ajustado por ANCOVA) y en la motivación hacia la ciencia (aumento significativo del SMQ-II en el grupo intervención). Aunque la comparación de ganancias arrojó una tendencia no significativa (**Tabla 13**), el análisis ajustado por pretest (**Tabla 14**), y la coherencia con las puntuaciones RTOP refuerzan la interpretación de un efecto pedagógico real de la intervención en el contexto nocturno estudiado.

3.2. Resultados cualitativos (percepciones y entrevistas)

El análisis cualitativo, a partir del cuestionario de satisfacción aplicado al grupo de intervención y de entrevistas semiestructuradas a una submuestra de estudiantes y a la docente, permitió comprender la experiencia de uso de la guía didáctica y los mecanismos plausibles detrás de los cambios observados en los indicadores cuantitativos. A continuación, se sintetizan los ejes temáticos emergentes, ilustrados con testimonios representativos.

Alta satisfacción y motivación mejorada: la gran mayoría del grupo intervención valoró positivamente la experiencia: 95 % calificó la propuesta como “muy buena” o “excelente”. Los relatos convergen en que la guía hizo las clases más amenas y participativas, favoreciendo el compromiso pese al cansancio propio del turno nocturno. Un estudiante señaló: “*Por primera vez en mucho tiempo me sentí motivado en una clase de química; la guía nos hacía participar activamente y aprender haciendo*”. Estas percepciones se alinean con el aumento significativo en SMQ-II documentado en la sección cuantitativa.

Pertinencia y aprendizaje significativo: de forma reiterada se destacó la contextualización de las actividades (vinculadas con situaciones cotidianas y del entorno laboral), lo que habría facilitado la comprensión de conceptos abstractos. Ejercicios sobre combustibles domésticos o materiales de uso diario fueron especialmente bien valorados. Una estudiante comentó: “*La guía aterrizaba la química a cosas de la vida real; así entendí mejor para qué sirve lo que estudiamos*”. Tanto estudiantes como la docente remarcaron que la secuencia partía de saberes previos y gradualidad en la introducción de contenidos, favoreciendo la asimilación.

Participación activa y clima de aula: la guía propició mayor involucramiento del alumnado: preguntas, argumentación, trabajo en equipo y diálogo con la docente. Según ésta, “*los chicos se animaron a preguntar, opinar y trabajar en equipo; se notaba más entusiasmo que con las clases tradicionales*”. Varios estudiantes señalaron mejoras en la comunicación entre pares y con la profesora, y se observó un efecto inclusivo: quienes solían participar poco comenzaron a hacerlo, contribuyendo a una dinámica más equitativa.

Desafíos y sugerencias: el principal reto mencionado fue el tiempo limitado del turno nocturno, que en ocasiones dificultó completar o profundizar todas las actividades. Aun así, la mayoría reportó haber finalizado las tareas esenciales. Se sugirió incorporar apoyos visuales (imágenes, videos breves) y materiales de refuerzo para estudiantes con mayores rezagos. Estas propuestas se interpretan como oportunidades de ajuste fino sin desmedro de la valoración global favorable.

Síntesis interpretativa: en conjunto, las percepciones de estudiantes y docente confirman que la guía fue relevante, motivadora y efectiva para promover un aprendizaje activo y significativo de la química en el contexto nocturno. Los testimonios ayudan a explicar los resultados cuantitativos: la mayor participación, la pertinencia contextual y el clima colaborativo emergen como mecanismos verosímiles que sostienen las mejoras en desempeño y motivación observadas. Asimismo, los desafíos identificados (gestión del tiempo y apoyos visuales) orientan mejoras incrementales para futuras implementaciones.

3.3. *Triangulación e interpretación de resultados*

La integración de los hallazgos cuantitativos y cualitativos ofrece una lectura más profunda del efecto de la guía didáctica en el contexto nocturno analizado. En conjunto, los datos convergen: las mejoras objetivas en desempeño y motivación presentan un eco explicativo en las percepciones de estudiantes y docente, reforzando la validez interpretativa de los resultados.

En el plano del rendimiento académico, el grupo de intervención alcanzó en el post test un nivel cercano al 73 % de aciertos (14.60/20) frente al 44 % del grupo de comparación (8.78/20), es decir, ~29 puntos porcentuales de diferencia no ajustada (véase **Tabla 11**). Si bien la comparación de ganancias mostró una tendencia a favor de la intervención ($p = 0.075$; **Tabla 13**), el contraste ajustado por pretest mediante ANCOVA confirmó un efecto de grupo estadísticamente significativo con $\eta^2 = .34$ (medias ajustadas: 14.36 vs. 9.89; dif. = 4.48; **Tabla 14**). La evidencia cualitativa señala mecanismos plausibles para este desempeño: actividades prácticas y contextualizadas, participación activa y andamiaje progresivo de contenidos, elementos que favorecieron la comprensión y retención.

Respecto a la motivación hacia la ciencia (SMQ-II), el grupo intervención mostró un aumento significativo ($\Delta = 10.3$ puntos; $t(22) = 5.90$, $p < .001$; **Tabla 15**, **Tabla 16**), mientras que el grupo de comparación no evidenció cambios relevantes. Los testimonios cualitativos describen clases más amenas y participativas, con mayor interés intrínseco y autoeficacia, coherentes con la mejora cuantitativa. Esta articulación sugiere un círculo virtuoso: la implicación afectivo-motivacional potencia el esfuerzo sostenido y, con ello, el logro académico.

La observación de aula (RTOP) documentó una diferencia sostenida de enfoque pedagógico: puntuaciones altas y estables en el grupo intervención ($M = 74/100$) frente a valores muy bajos en el grupo de comparación ($M = 28/100$) a lo largo de las semanas 2, 6 y 12 (**Tabla 17**). Este hallazgo respalda que el factor diferenciador entre grupos fue efectivamente la metodología implementada (guía activa y contextualizada vs. docencia expositiva), reduciendo la probabilidad de que los contrastes en resultados se expliquen por variaciones circunstanciales.

4. Discusión

Desde una perspectiva aplicada, los hallazgos indican que es viable desplegar estrategias activas de bajo costo y alta pertinencia local en educación media nocturna, con efectos observables en aprendizaje y motivación aún bajo restricciones de tiempo y con alumnado frecuentemente fatigado. El componente cualitativo apunta, además, a mejoras en clima de aula y participación incluida la de estudiantes que habitualmente intervenían poco—, lo que sugiere potenciales efectos de equidad.

Conviene, no obstante, explicitar cautelas. El diseño cuasi-experimental con grupos no equivalentes y el tamaño reducido del grupo de comparación implican riesgo de sesgo de selección. La medición de línea base, el ajuste estadístico por pretest (ANCOVA) y la triangulación de fuentes mitigan parcialmente estas amenazas, pero no las eliminan. La duración acotada (un trimestre) impide estimar la persistencia de los efectos en el tiempo; futuras réplicas con mayor n , seguimiento longitudinal y, cuando sea factible, asignación aleatoria, permitirán valorar la generalización y la estabilidad de los impactos. También es razonable considerar posible deseabilidad social en percepciones; el anonimato y las respuestas abiertas se emplearon para atenuarla.

La coherencia entre mejoras cuantitativas (especialmente al ajustar por niveles iniciales) y explicaciones cualitativas centradas en contextualización, actividad y colaboración ofrece una base sólida para atribuir a la guía didáctica un efecto pedagógico real en el contexto estudiado, y orienta líneas claras de optimización (gestión del tiempo, apoyos visuales y refuerzos para rezagos) para futuras implementaciones.

5. Conclusiones

- Los hallazgos indican que la guía didáctica produjo mejoras relevantes en aprendizaje (ANCOVA: $\eta^2 = .34$) y motivación (SMQ-II: $\Delta \approx 10.3$), coherentes con una implementación centrada en el estudiante (RTOP alto). La consistencia entre métricas y percepciones reduce la probabilidad de artefactos. Persisten restricciones: grupos no equivalentes y control pequeño; se recomienda replicar con muestras mayores, asignación aleatoria cuando sea posible y seguimiento para estimar persistencia de efectos. La evidencia respalda su aplicación en contextos

similares, acompañada de formación y evaluación continua. Futuras investigaciones deberían ampliar las muestras, incorporar seguimiento longitudinal y valorar la persistencia de los aprendizajes y la transferencia a otros contenidos curriculares.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias bibliográficas

- Barreno Silva, E. O., & Guevara Vizcaíno, C. F. (2022). Mobile learning objects for the teaching of mathematics. *Explorador Digital*, 6(4), 6-24.
<https://doi.org/10.33262/exploradordigital.v6i4.2344>
- Bueno Hernández, R. J., & González Hernández, W. (2021). Model of the teaching learning process of mathematical concepts in the training of computer engineers. *Explorador Digital*, 5(4), 27-43.
<https://doi.org/10.33262/exploradordigital.v5i4.1879>
- Cabrera Borges, C. (2017). ¿Cómo retener a los jóvenes y adultos en el sistema educativo público? Análisis de las estrategias desplegadas en tres liceos nocturnos del Uruguay. *Páginas de Educación*, 10(2), 57–78.
<https://doi.org/10.22235/pe.v10i2.1424>
- Caizaluisa Calahorrano, L. V., Sumba Agila, V. J., & Recalde García, F. A. (2024). Project-based learning in the development of English reading comprehension. *Conciencia Digital*, 7(4), 6-28.
<https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i4.3209>
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Houghton Mifflin. <https://www.sfu.ca/~palys/Campbell&Stanley-1959-Exptl&QuasiExptlDesignsForResearch.pdf>
- Cardellini, L. (2012). Chemistry: Why the subject is difficult? *Educación Química*, 23(2), 305–310. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30158-1](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30158-1)

- Cooper, M. M., & Stowe, R. L. (2018). Chemistry education research—From personal empiricism to evidence, theory, and informed practice. *Chemical Reviews*, 118(12), 6053–6087. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00020>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE.
<https://www.scrip.org/reference/referencespapers?referenceid=4217053&>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Glynn, S. M., Brickman, P., Armstrong, N., & Taasoobshirazi, G. (2011). Science Motivation Questionnaire II: Validation with science majors and nonscience majors. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(10), 1159–1176.
<https://doi.org/10.1002/tea.20442>
- Jiménez-Liso, M. R., López-Banet, L., & Dillon, J. (2020). Changing how we teach acid–base chemistry: A proposal grounded in studies of the history and nature of science education. *Science & Education*, 29(5), 1291–1315.
<https://doi.org/10.1007/s11191-020-00142-6>
- Merizalde, A. M. A., Balarezo, M. A. A., Oña, Z. E. S., & Montero, R. E. O. (2024). Estrategias didácticas activas para fomentar el aprendizaje significativo en la educación. Un análisis de métodos innovadores. *Ciencia y Educación*, 201-216.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.13864428>
- Moran Arteaga, D. A., & Campoverde Moscol, A. I. (2024). Educational innovation in the professional technical training of accounting assistants. *Explorador Digital*, 8(4), 46-62. <https://doi.org/10.33262/exploradordigital.v8i4.3158>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227–232.
<https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223–231. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
- Quindil Masaquiza, G. L., Molina Bautista, V. L., Villarreal Contreras, R. P., & Rumbaut Rangel, D. (2026). Gamification as a didactic strategy to motivate learning in social studies at upper basic education level. *Ciencia Digital*, 10(2), 116-139. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3647>

- Quiñónez Barrezueta, J. E., Pozo Hurtado, E. O., Jácome Encalada, S. H., & Reigosa Lara, A. (2025). Problem-based learning for teaching process through the Chamilo platform. *Ciencia Digital*, 9(2), 111-127. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v9i2.3483>
- Sawada, D., Piburn, M. D., Judson, E., Turley, J. B., Falconer, K. A., Benford, R., & Bloom, I. (2002). Measuring reform practices in science and mathematics classrooms: The Reformed Teaching Observation Protocol. *School Science and Mathematics*, 102(6), 245–253. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2002.tb17883.x>
- Theobald, E. J., Hill, M. J., Tran, E., Agrawal, S., Arroyo, E. N., Behling, S., Chambwe, N., et al. (2020). Active learning narrows achievement gaps for underrepresented students in undergraduate science, technology, engineering, and math. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(12), 6476–6483. <https://doi.org/10.1073/pnas.1916903117>
- Toro Rodríguez, L. F. (2023). Caracterización de los niveles de representación de la química en textos escolares utilizados para la enseñanza de reacciones químicas en grado décimo (Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales). <https://repositorio.ucaldas.edu.co/server/api/core/bitstreams/2b2564d7-ba25-4b91-86da-a53cf1140c70/content>
- Troya Torres, C., Quishpe Cusi, J. C., & Parra Balza, F. (2019). El blog como herramienta didáctica en el proceso de enseñanza aprendizaje de estudios sociales. *Explorador Digital*, 3(4), 29-42. <https://doi.org/10.33262/exploradordigital.v3i4.913>
- Villasagua Navarro, A. K., Catota Romero, F. G., Coloma Carrasco, Ángel L., & Rodríguez Caballero, G. A. (2025). Didactic strategy with the Kahoot tool for learning language and literature in upper elementary school. *Explorador Digital*, 9(2), 109-127. <https://doi.org/10.33262/exploradordigital.v9i2.3514>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Alfa Publicaciones**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Alfa Publicaciones**.



Open policy finder
Formerly Sherpa services

Efecto del recubrimiento de alginato-calcio y temperatura de almacenamiento sobre la vida útil de la fresa (*Fragaria* × *ananassa*)

*Effect of alginate-calcium coating and storage temperature on the shelf life of strawberry (*Fragaria* × *ananassa*)*

- ¹ Raúl Gregorio Martínez Pérez  <https://orcid.org/0000-0002-1552-7580>
Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC), Carchi, Ecuador.
raul.perez@upec.edu.ec
- ² Liliana Alejandra Funes Samaniego  <https://orcid.org/0000-0002-5364-0699>
Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC), Carchi, Ecuador.
lilyfunes2225@gmail.com
- ³ Raquel Estefanía Martínez Pérez  <https://orcid.org/0000-0001-7049-0517>
Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC), Carchi, Ecuador.
raquel.martinezp.09@gmail.com



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 08/02/2026

Revisado: 10/03/2026

Aceptado: 01/05/2026

Publicado: 15/05/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v8i2.688>

Cítese:

Martínez Pérez, R. G. , Funes Samaniego, L. A. , & Martínez Pérez, R. E. (2026). Efecto del recubrimiento de alginato-calcio y temperatura de almacenamiento sobre la vida útil de la fresa (*Fragaria* × *ananassa*). *AlfaPublicaciones*, 8(2), 71–87. <https://doi.org/10.33262/ap.v8i2.688>



ALFA PUBLICACIONES, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://alfapublicaciones.com>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Palabras claves:

Alginato; *Fragaria* × *ananassa*; vida útil; análisis de supervivencia; cadena de frío.

Resumen

Introducción. La fresa (*Fragaria* × *ananassa*) es un fruto altamente perecedero cuya comercialización en comunidades como Gatazo-Colta se ve limitada por la pérdida rápida de calidad y la inestabilidad de la cadena de frío. **Objetivo.** Evaluar el efecto de un recubrimiento comestible de alginato de sodio (1 %) plastificado con glicerol (0,5 %) y entrecruzado con cloruro de calcio (1,5 %), combinado con dos temperaturas de almacenamiento (4 °C vs. 10 °C), sobre la vida útil microbiológica y fisicoquímica de la fresa. **Metodología.** Se aplicó un diseño experimental factorial 2×2 en bloques completos al azar (n=24 unidades experimentales). Se analizó el tiempo a rechazo (límite >10⁵ UFC·g⁻¹ mohos/levaduras) mediante curvas de supervivencia de Kaplan-Meier y modelos de riesgos proporcionales de Cox. Las trayectorias de deterioro físico (pérdida de peso, firmeza) se evaluaron con Modelos Lineales Mixtos (LMM). **Resultados.** Se detectó una interacción significativa ($p < .05$) entre el recubrimiento y la temperatura. El tratamiento combinado (Recubrimiento a 4 °C) extendió la mediana de vida útil más allá de los 10 días, reduciendo significativamente la tasa de pérdida de peso y el riesgo de fallo microbiológico (*Hazard Ratio* < 0.20) frente al control a 10 °C, que apenas alcanzó 4 días. **Conclusión.** La aplicación del recubrimiento de alginato-calcio en sinergia con refrigeración estricta constituye una estrategia tecnológicamente viable para reducir mermas y garantizar la inocuidad en cadenas de suministro locales. **Área de estudio general:** Ciencias Agrícolas y Biológicas. **Área de estudio específica:** Estadística Aplicada a la Calidad Post cosecha. **Tipo de estudio:** Artículo original.

Keywords:

Alginate; *Fragaria* × *ananassa*; shelf life; survival analysis; cold chain.

Abstract

Introduction. Strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) is a highly perishable fruit whose marketing in communities such as Gatazo-Colta is limited by rapid quality loss and cold chain instability. **Objective.** To evaluate the effect of an edible sodium alginate coating (1%) plasticized with glycerol (0.5%) and cross-linked with calcium chloride (1.5%), combined with two storage temperatures (4 °C vs. 10 °C), on the microbiological and physicochemical shelf life of strawberries.

Methodology. A 2×2 factorial experimental design in randomized complete blocks (n=24 experimental units) was applied. Time-to-rejection ($>10^5$ CFU·g⁻¹ molds/yeasts) was analyzed using Kaplan-Meier survival curves and Cox proportional hazards models. Physical deterioration trajectories (weight loss, firmness) were evaluated using Linear Mixed Models (LMM). **Results.** A significant interaction ($p < .05$) was detected between coating and temperature. The combined treatment (Coating at 4 °C) extended the median shelf life beyond 10 days, significantly reducing the weight loss rate and the risk of microbiological failure (*Hazard Ratio* < 0.20) compared to the control at 10 °C, which barely reached 4 days. **Conclusion.** The application of alginate-calcium coating in synergy with strict refrigeration constitutes a technologically viable strategy to reduce waste and guarantee safety in local supply chains. **General Area of Study:** Agricultural and Biological Sciences. **Specific area of study:** Applied Statistics for Postharvest Quality. **Type of study:** Original article.

1. Introducción

La fresa (*Fragaria* × *ananassa*) es un fruto no climatérico de alto valor comercial, cuya aceptación en el mercado depende críticamente de atributos como la apariencia, firmeza y sabor. Sin embargo, su aprovechamiento económico se ve limitado por una vida útil extremadamente corta, condicionada por una alta tasa respiratoria y la ausencia de una cutícula protectora robusta, lo que la hace susceptible a la deshidratación rápida y al ataque de patógenos (Kuchi & Sharavani, 2019). A nivel global, la gestión de la temperatura y el uso de tecnologías de barrera se han establecido como las estrategias fundamentales para mitigar estas pérdidas, siendo la refrigeración entre 0 y 5 °C el estándar de oro para su conservación (Azam et al., 2019).

En el contexto local de la comunidad de Gatazo-Colta (Ecuador), la producción de fresa se realiza mayoritariamente en pequeñas unidades familiares con circuitos cortos de comercialización. La infraestructura de la cadena de frío en esta zona es heterogénea, lo que provoca que la fruta se exponga frecuentemente a temperaturas que oscilan alrededor de los 10 °C, superiores al óptimo recomendado. Esta brecha tecnológica acelera los procesos de deterioro fisiológico y microbiológico, reduciendo la ventana de venta a solo 3-5 días y generando mermas significativas que afectan la sostenibilidad económica del

productor. Por tanto, resulta imperativo validar tecnologías de bajo costo y fácil adopción, como los recubrimientos comestibles, que puedan actuar en sinergia con una refrigeración moderada para extender la vida útil y garantizar la seguridad alimentaria en la región.

La revisión de trabajos previos evidencia que el control de la temperatura y la modificación de la atmósfera superficial son determinantes en la post cosecha de la fresa. Khalid et al. (2020) demostraron que el almacenamiento a temperaturas superiores a 5 °C incrementa exponencialmente la actividad enzimática y la pérdida de compuestos bioactivos. Por su parte Abu-Zahra (2017) reportó que el uso de barreras físicas que limitan el intercambio gaseoso reduce significativamente la pérdida de peso y la incidencia de podredumbres en comparación con el almacenamiento en aire.

La variabilidad en la vida útil no depende únicamente del almacenamiento, sino que es acumulativa desde la etapa productiva. Estudios recientes señalan que factores como la fecha de cosecha y el sistema de cultivo influyen directamente en la firmeza inicial y la susceptibilidad al deterioro en sistemas convencionales (Barbieri et al., 2015; Błaszczuk et al., 2022; Sturzeanu, 2020). No obstante, una vez recolectado el fruto, el manejo de la atmósfera y la temperatura se convierten en los únicos mitigadores efectivos.

Específicamente sobre recubrimientos, Reyes-Avalos et al. (2017) y Bravo et al. (2021) encontraron que las películas de alginato de sodio plastificadas con glicerol y entrecruzadas con calcio forman una red estructural ("caja de huevo") que mejora la firmeza y reduce la tasa de respiración en frutos de características similares. Más recientemente, Venturini et al. (2023) validaron que los recubrimientos a base de alginato en fresa mantienen la calidad microbiológica y sensorial por periodos prolongados, aunque su interacción específica con fluctuaciones térmicas (4 °C vs. 10 °C) en variedades locales requiere mayor evidencia cuantitativa.

El objetivo de esta investigación es estimar el efecto del recubrimiento comestible de alginato al 1 % (plastificado con glicerol al 0,5 % y entrecruzado con CaCl_2 al 1,5 %) y la temperatura de almacenamiento (4 °C vs. 10 °C), así como su interacción, sobre la vida útil microbiológica y fisicoquímica de la fresa (*Fragaria* × *ananassa*) producida en Gatazo-Colta.

Se plantea como hipótesis de investigación que el recubrimiento de alginato, en combinación con el almacenamiento a 4 °C, extiende significativamente la vida útil microbiológica (retrasando el tiempo hasta alcanzar $10^5 \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$) y reduce la tasa de pérdida de peso en comparación con el control almacenado a 10 °C. Las variables independientes son el tipo de recubrimiento y la temperatura, mientras que las variables dependientes incluyen el tiempo de supervivencia, pérdida de peso, firmeza y parámetros químicos.

2. Metodología

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo de alcance explicativo y corte longitudinal (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). Se empleó un diseño experimental factorial 2×2 organizado en bloques completos al azar, modelo seleccionado para aislar la variabilidad intrínseca entre lotes de cosecha y estimar con precisión los efectos principales y la interacción de los factores. La variable independiente *recubrimiento* presentó dos niveles (con aplicación de alginato-calcio y control sin aplicación), cruzada con el factor *temperatura* en dos niveles operativos ($4\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $10\text{ }^{\circ}\text{C}$). Este diseño permitió manipular deliberadamente las condiciones de almacenamiento para cuantificar su impacto causal sobre la vida útil microbiológica y las trayectorias de deterioro fisicoquímica, cumpliendo con la rigurosidad exigida para validar tecnologías post cosecha en escenarios de cadena de frío.

El estudio se realizó con fresas (*Fragaria* $\times$ *ananassa*) en estado de madurez comercial, provenientes de la comunidad de Gatazo-Colta, provincia de Chimborazo, Ecuador. La Unidad Experimental (UE) se definió como un envase tipo *clamshell* de 250 g, conteniendo entre 10 y 12 frutos. El tamaño muestral se determinó mediante diseño de bloques, conformado por dos lotes de cosecha independientes (bloques temporales), con 4 tratamientos por bloque y 3 réplicas por tratamiento, totalizando 24 unidades experimentales observadas a lo largo del tiempo. El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, seleccionando frutos que cumplieran estrictos criterios de homogeneidad.

2.1. Criterios de elegibilidad

Se establecieron criterios de inclusión para frutos sanos, con el cáliz íntegro, turgentes, de calibre uniforme y sin humedad superficial visible. Como criterios de exclusión se descartaron aquellas unidades con daño mecánico, síntomas de fitopatología preexistente, sobremadurez o malformaciones que pudieran sesgar la medición de los parámetros de calidad. Durante la fase experimental, se aplicó un criterio de eliminación (censura) para aquellas unidades que, por manipulación accidental externa al tratamiento, perdieran su integridad antes de completar el periodo de evaluación o alcanzar el evento de rechazo.

2.2. Aspectos éticos

La investigación se adhirió a los principios de buenas prácticas de laboratorio y gestión de inocuidad, tomando como referencia las directrices de la norma ISO 7218 para análisis microbiológicos. Dado que el estudio involucró evaluación sensorial con seres humanos, se clasificó como de riesgo mínimo; se aplicó un protocolo de consentimiento informado para los jueces del panel, garantizando la confidencialidad de los datos y el cumplimiento de la normativa institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales de Ecuador.

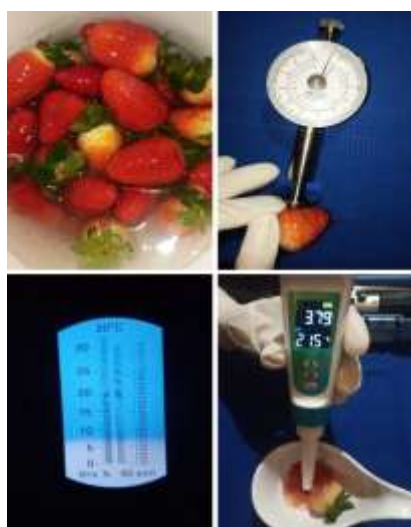
2.3. Procedimiento experimental

El proceso inició con la selección y sanitización de los frutos mediante inmersión en solución de hipoclorito de sodio (100 ppm) durante 2 minutos, seguido de enjuague con agua destilada y escurrido. Para el factor de recubrimiento, se preparó una solución de alginato de sodio al 1 % (p/v) plastificada con glicerol al 0,5 %, en la cual se sumergieron los frutos por 2 minutos. Posteriormente, se realizó una segunda inmersión en cloruro de calcio (CaCl_2) al 1,5 % por 2 minutos para inducir la gelificación iónica, finalizando con un secado a temperatura ambiente por 30 minutos. El grupo control fue sometido a manipulación simulada sin aplicación de soluciones.

Las unidades experimentales se almacenaron en cámaras refrigeradas a dos niveles térmicos controlados: 4 °C y 10 °C, manteniendo una humedad relativa del 90–95 %. El seguimiento se realizó durante un periodo de 10 días, con puntos de muestreo en los días 0, 2, 4, 6, 8 y 10. En cada intervalo se evaluó la pérdida de peso por gravimetría, las propiedades fisicoquímicas (firmeza, pH, acidez titulable y sólidos solubles) y el recuento microbiológico de mohos y levaduras, estableciendo como criterio de fin de vida útil un recuento superior a 10^5 UFC·g⁻¹. El registro de estas variables métricas, ejecutado mediante instrumental especializado bajo condiciones controladas de laboratorio, se ilustra en la **Figura 1**.

Figura 1

*Montaje instrumental para la evaluación de parámetros fisicoquímicos en fresa (*Fragaria* × *ananassa*)*



Nota: detalle de la medición de sólidos solubles, pH y firmeza en las unidades experimentales tratadas.

2.4. Análisis de datos

El análisis estadístico se ejecutó en el entorno R. Para las variables continuas longitudinales (pérdida de peso y parámetros fisicoquímicos), se ajustaron Modelos Lineales Mixtos (LMM) considerando el tratamiento y el tiempo como efectos fijos, y el bloque de cosecha como efecto aleatorio para modelar la correlación intra-sujeto.

La vida útil microbiológica se analizó mediante técnicas de análisis de supervivencia. Se estimaron las curvas de supervivencia $S(t)$ para cada tratamiento utilizando el estimador no paramétrico de Kaplan-Meier, comparando las distribuciones mediante la prueba de *log-rank*. Para cuantificar la magnitud del efecto de los factores sobre el riesgo de deterioro, se ajustó un Modelo de Riesgos Proporcionales de Cox estratificado por bloque, reportando las Razones de Riesgo (*Hazard Ratios*) con sus respectivos intervalos de confianza del 95 %. Se consideró una significancia estadística de $\alpha = 0.05$ para todas las pruebas inferenciales.

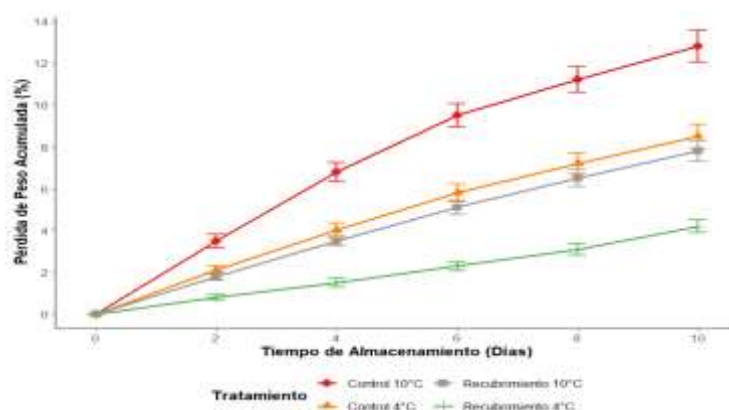
3. Resultados

3.1. Pérdida de peso

La deshidratación progresiva se evaluó mediante la tasa de pérdida de peso (%/día) a lo largo de los 10 días de almacenamiento. El análisis de varianza (ANOVA) reveló una interacción estadísticamente significativa entre el recubrimiento y la temperatura de almacenamiento ($F_{1,20} = 14.5, p < .01$). Como se observa en la **Figura 2**, el tratamiento control almacenado a 10 °C exhibió la cinética de pérdida más acelerada, alcanzando mermas superiores al 12 % hacia el final del periodo, cruzando el umbral de deterioro comercial (5 %) tan pronto como el día 4. Por el contrario, la aplicación del recubrimiento de alginato-calcio, potenciada por la refrigeración a 4 °C, actuó sinérgicamente para reducir la pendiente de deshidratación, manteniendo la pérdida acumulada por debajo del 4.5 % incluso al día 10. Las comparaciones múltiples (Tukey HSD) confirmaron que el recubrimiento redujo la tasa de pérdida de peso en un 40 % promedio frente a los controles no recubiertos bajo las mismas condiciones térmicas.

Figura 2

Cinética de pérdida de peso acumulada (%) en fresas sometidas a diferentes tratamientos durante 10 días de almacenamiento



Nota: Los valores representan la media de 3 réplicas. El análisis de varianza mostró una interacción significativa ($p < .05$) entre el recubrimiento y la temperatura. El tratamiento combinado (Recubrimiento a 4 °C) redujo la tasa de deshidratación en un 40 % respecto al control a 10 °C.

3.2. Indicadores fisicoquímicos

La evolución de la calidad interna y externa se modeló mediante Modelos Lineales Mixtos (LMM) para considerar la estructura longitudinal de los datos. La **Tabla 1** resume los parámetros estimados al inicio y al final del periodo de evaluación (o al momento de censura por fallo). Se detectó un efecto protector significativo del recubrimiento sobre la firmeza del fruto ($p < .001$); mientras que los frutos control a 10 °C sufrieron un ablandamiento severo (perdiendo > 50 % de su firmeza inicial), el tratamiento con recubrimiento a 4 °C retuvo una firmeza superior a 4.0 N, preservando la textura característica de la fresa fresca. Respecto a los sólidos solubles (°Brix) y la acidez titulable, si bien el factor tiempo fue determinante, la interacción mostró que el recubrimiento mitigó las fluctuaciones metabólicas, resultando en un perfil de maduración más estable frente a la senescencia acelerada observada en el control a mayor temperatura.

Tabla 1

Parámetros fisicoquímicos de fresas tras almacenamiento bajo diferentes tratamientos.

Tratamiento	Firmeza (N)	Sólidos Solubles (°Brix)	Acidez Titulable (% ác. cítrico)	pH
Inicial (Día 0)	5.20 ± 0.15 a	7.50 ± 0.20 a	0.85 ± 0.02 a	3.40 ± 0.05 a
Control 10 °C	1.80 ± 0.25 d	6.10 ± 0.30 c	0.60 ± 0.04 c	3.85 ± 0.08 c
Control 4 °C	3.10 ± 0.18 c	6.90 ± 0.25 b	0.72 ± 0.03 b	3.65 ± 0.06 b

Tabla 1

Parámetros fisicoquímicos de fresas tras almacenamiento bajo diferentes tratamientos (continuación)

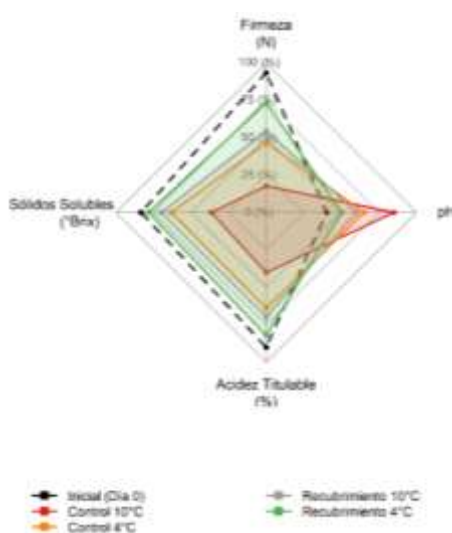
Tratamiento	Firmeza (N)	Sólidos Solubles (°Brix)	Acidez Titulable (% ác. cítrico)	pH
Recubrimiento 10 °C	3.45 ± 0.20 b	7.10 ± 0.22 ab	0.75 ± 0.03 b	3.60 ± 0.05 b
Recubrimiento 4 °C	4.30 ± 0.15 a	7.35 ± 0.18 a	0.81 ± 0.02 a	3.50 ± 0.04 a

Nota: Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Tukey, $p < .05$

Para visualizar de manera integral estas variaciones multidimensionales, la **Figura 3** ilustra la “huella de calidad” fisicoquímica de los frutos mediante un gráfico de radar. Como se puede observar gráficamente, el polígono correspondiente al tratamiento combinado (Recubrimiento a 4 °C) mantiene una geometría sumamente congruente con la silueta del fruto fresco (Inicial Día 0), demostrando su eficacia para encapsular las propiedades originales. En marcado contraste, el perfil del Control a 10 °C sufre una deformación severa: la gráfica colapsa drásticamente hacia el centro en los ejes de firmeza y acidez titulable, y se expande anómalamente en el eje del pH, evidenciando visualmente el avanzado estado de senescencia y deterioro metabólico.

Figura 3

Evolución del perfil fisicoquímico (huella de calidad) de la fresa bajo diferentes tratamientos tras 10 días de almacenamiento



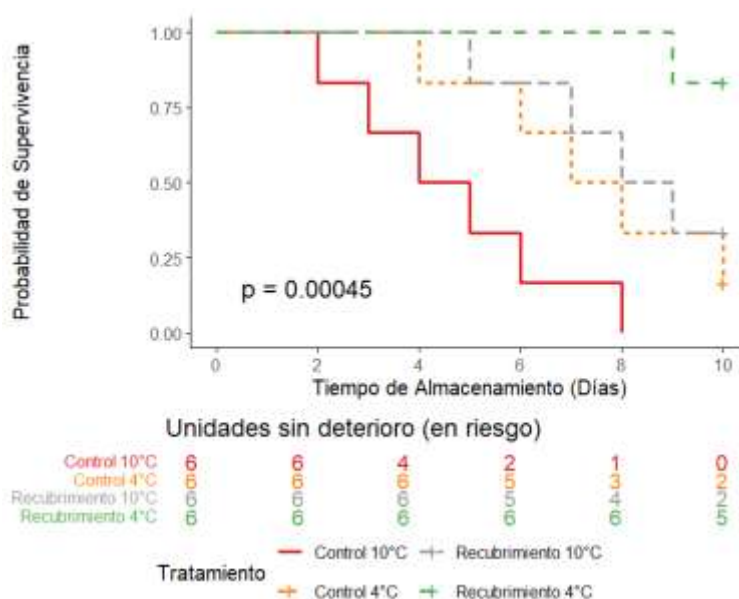
Nota: La línea negra punteada representa el estado ideal inicial del fruto (Día 0). El área de los polígonos ilustra la retención de las propiedades originales o su deterioro métrico.

3.3. Vida útil microbiológica

El análisis de supervivencia constituyó el eje central para determinar la eficacia de los tratamientos. Las curvas de Kaplan-Meier, representadas en la **Figura 4** ilustran la probabilidad de que las unidades experimentales se mantengan libres de fallo microbiológico ($> 10^5 \text{UFC} \cdot \text{g}^{-1}$ de mohos y levaduras) en el tiempo. La prueba de *log-rank* evidenció diferencias altamente significativas entre las curvas de supervivencia ($\chi^2 = 28.4, p < .001$). Se observa en la **Figura 4** que la mediana de vida útil para el control a 10 °C fue de apenas 4 días, mientras que el tratamiento combinado (Recubrimiento + 4 °C) no alcanzó la mediana de fallo dentro del horizonte experimental de 10 días, sugiriendo una extensión de la vida útil superior al 150 % respecto a la condición más desfavorable.

Figura 4

Curvas de supervivencia Kaplan-Meier para la vida útil microbiológica de fresa bajo diferentes tratamientos de recubrimiento y temperatura



Nota: La probabilidad de supervivencia representa la proporción de unidades experimentales que no han superado el límite crítico de $10^5 \text{UFC} \cdot \text{g}^{-1}$. El tratamiento combinado (Recubrimiento a 4 °C) mantuvo la probabilidad de no rechazo por encima del 0.80 hasta el día 10.

Para cuantificar la magnitud de este efecto protector y proporcionar un modelo predictivo de vida útil aplicable en la ingeniería post cosecha, se ajustó un Modelo de Riesgos Proporcionales de Cox estratificado por bloque. La función predictiva del riesgo de deterioro se modeló mediante la **Ecuación 1**:

$$h(t) = h_0(t) \times \exp(-1.42 \times \text{Recubrimiento} - 1.15 \times \text{Temperatura}) \quad (1)$$

Donde $h_0(t)$ representa el riesgo base correspondiente al peor escenario (control a 10 °C sin recubrimiento). Las variables predictoras se modelaron de forma dicotómica, donde *Recubrimiento* asume el valor de 1 para la aplicación de alginato y 0 para su ausencia, mientras que *Temperatura* toma el valor de 1 para la condición de refrigeración (4 °C) y 0 para la temperatura superior (10 °C). El signo negativo de los coeficientes (β) indica matemáticamente que ambas tecnologías ejercen un efecto multiplicativo que reduce el riesgo relativo.

Tabla 2

Estimación de riesgos proporcionales (Cox) para el deterioro microbiológico.

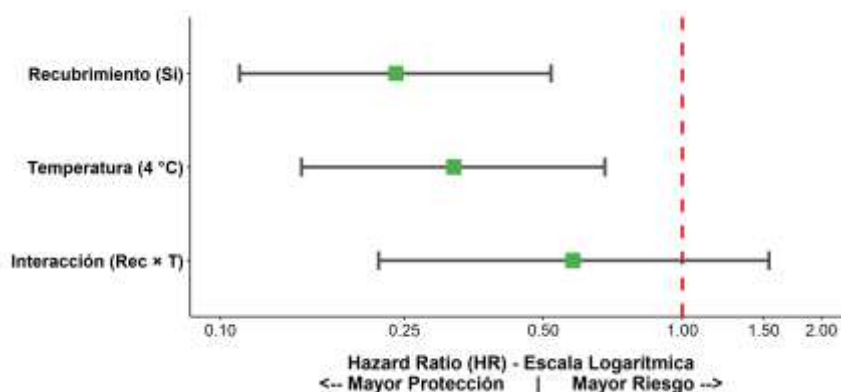
Variable	Coeficiente (β)	HR (Hazard Ratio)	IC 95% (Inferior - Superior)	Valor p
Recubrimiento (Sí)	-1.42	0.24	0.11 – 0.52	< .001
Temperatura (4 °C)	-1.15	0.32	0.15 – 0.68	0.003
Interacción (Rec × T)	-0.55	0.58	0.22 – 1.54	0.28

Nota: HR < 1 indica efecto protector. El modelo fue estratificado por bloque de cosecha).

Como se muestra en la **Tabla 2**, el recubrimiento actuó como un factor de protección robusto, con un Hazard Ratio (HR) de 0.24, lo que indica que la aplicación del film reduce el riesgo diario de deterioro microbiológico en un 76 % comparado con los frutos no recubiertos, manteniendo constantes las demás variables. La magnitud de este efecto protector y sus respectivos intervalos de confianza se representan visualmente en la **Figura 5**.

Figura 5

Gráfico de bosque (Forest Plot) para las Razones de Riesgo (Hazard Ratios) del deterioro microbiológico



Nota: Los valores a la izquierda de la línea vertical punteada (HR = 1.00) indican un efecto protector significativo. Las barras horizontales representan los intervalos de confianza del 95%.

4. Discusión

Los resultados obtenidos validan la hipótesis de investigación, demostrando que la integración del recubrimiento de alginato-calcio con el almacenamiento a 4 °C ejerce un efecto sinérgico significativo sobre la extensión de la vida útil de la fresa. El análisis de supervivencia (**Figura 4**), reveló que el control a 10 °C presenta una mediana de vida útil inferior a 4 días, dato que concuerda con la revisión de Leyva-Madrigal et al. (2022) quienes señalan que temperaturas superiores a 5 °C aceleran exponencialmente la tasa respiratoria y la proliferación de *Botrytis cinerea*. En contraste, el tratamiento combinado (Recubrimiento + 4 °C) logró mantener la probabilidad de no rechazo por encima del 80 % hasta el día 10, superando los márgenes operativos convencionales para cadenas de suministro cortas.

El efecto protector del recubrimiento, cuantificado mediante un *Hazard Ratio* de 0.24 (**Tabla 2**), se atribuye a su capacidad para actuar como una barrera semipermeable a gases y vapor de agua. Esta funcionalidad física explica la mitigación de la pérdida de peso observada (**Figura 2**), donde el recubrimiento redujo la tasa de deshidratación en un 40 % frente al control. Estos hallazgos son consistentes con Reyes-Avalos et al. (2017) quienes documentaron que la reticulación del alginato con iones de calcio (modelo "egg-box") forma una matriz cohesiva que limita la transpiración. Asimismo, la superioridad del tratamiento a 4 °C ratifica la premisa de Khalid et al. (2020) sobre la supresión de la actividad enzimática de deterioro (como la polifenol-oxidasa) a bajas temperaturas.

Desde una perspectiva fisicoquímica, el mantenimiento de la firmeza en el tratamiento recubierto (4.30 N frente a 1.80 N en el control a 10 °C) se atribuye principalmente a la reducción en la pérdida de turgencia celular inducida por la deshidratación, más que a una degradación de pectinas, la cual no es el factor más significativo en el ablandamiento de la fresa comparado con otros frutos climatéricos. Este comportamiento de retención de agua e integridad estructural coincide con estudios recientes de Venturini et al. (2023) quienes observaron una preservación similar de la textura en fresas tratadas con biopolímeros activos.

Esta dependencia crítica de la temperatura valida la necesidad de un monitoreo estricto a lo largo de la logística, tal como sugieren investigaciones que aplican redes neuronales y sensores para predecir la calidad en el transporte refrigerado (Ikegaya et al., 2020; Qiao et al., 2022). Asimismo, la sinergia positiva observada entre recubrimiento y frío es consistente con reportes en otras matrices poliméricas, como el quitosano, donde la baja temperatura potencia el efecto barrera (Nguyen & Nguyen, 2021).

En el contexto del metabolismo del fruto, el análisis de los parámetros químicos confirma el efecto supresor del tratamiento combinado, coincidiendo con Sajid et al. (2025) quienes destacan la sinergia entre el recubrimiento de alginato y el frío. Como lo demostró la

prueba de Tukey (**Tabla 1**), únicamente el tratamiento con recubrimiento a 4 °C logró mantener la concentración de sólidos solubles sin diferencias significativas (grupo a) respecto al día inicial, mientras que los demás tratamientos sufrieron fluctuaciones metabólicas significativas (Paredes et al., 2024; Suarez et al., 2023). Asimismo, el comportamiento de la acidez titulable y el pH aporta evidencia fisiológica clave: la acidez titulable en la fresa (expresada en ácido cítrico) disminuye notablemente a medida que la fruta entra en senescencia, dado que los ácidos orgánicos se utilizan como sustrato en el proceso de respiración celular. El hecho de que el control a 10 °C presentara la mayor caída en acidez (0.60 %) y un aumento en el pH (3.85) indica una tasa respiratoria acelerada que consume estos ácidos, descartando la presencia de procesos de fermentación patógena (los cuales habrían acidificado el medio).

Por el contrario, el recubrimiento de alginato a 4 °C actuó como una barrera efectiva que ralentizó este consumo de sustratos por respiración, manteniendo la acidez en 0.81 %. Comparado con estrategias más costosas como las atmósferas modificadas activas descritas por Abu-Zahra (2017) la solución de alginato propuesta ofrece una relación costo-efectividad superior para productores locales como los de Gatazo-Colta, al no requerir inyección de gases ni envases sellados herméticamente.

En cuanto al alcance y las limitaciones, cabe señalar que la evaluación sensorial se restringió a la apariencia visual (escala de 9 puntos), sin considerar atributos de sabor o aroma que podrían verse afectados por la modificación del intercambio gaseoso si la capa fuese excesivamente gruesa. Futuras investigaciones deberían explorar el impacto sensorial profundo mediante paneles de consumidores y la posible incorporación de metabolitos antifúngicos naturales, como sugieren Dhall et al. (2013) para potenciar la bioactividad del recubrimiento frente a cepas resistentes de mohos.

5. Conclusiones

- La presente investigación logró demostrar el cumplimiento del objetivo general al confirmar que la aplicación del recubrimiento de alginato-calcio, en sinergia con el almacenamiento a 4 °C, constituye una estrategia tecnológicamente viable para extender la vida útil de la fresa (*Fragaria* × *ananassa*) más allá de los estándares habituales de la cadena de suministro local. Se concluye que la interacción entre la barrera física del biopolímero y la supresión metabólica inducida por el frío es determinante para superar las limitaciones de la comercialización en circuitos cortos, transformando un producto altamente perecedero en uno con estabilidad comercial sostenida.
- En respuesta a los objetivos específicos sobre el deterioro físico y químico, se estableció que el recubrimiento actúa eficazmente como un sistema de contención de la transpiración y preservación de la integridad celular. Más allá de la simple reducción de pérdida de masa, el aporte científico de este hallazgo radica en

validar que la matriz "caja de huevo" del alginato mantiene la firmeza estructural del fruto incluso bajo estrés térmico moderado, garantizando que la fresa no solo llegue "viva" al consumidor, sino con la calidad textural necesaria para su aceptación en el mercado.

- Finalmente, mediante el análisis de supervivencia, se comprobó la hipótesis de que el riesgo de fallo microbiológico puede mitigarse drásticamente mediante esta tecnología combinada. El estudio aporta evidencia estadística robusta de que es posible duplicar la ventana de oportunidad de venta en comunidades como Gatazo-Colta sin recurrir a fungicidas sintéticos ni atmósferas modificadas costosas. Esto posiciona al protocolo validado como una herramienta de intervención inmediata para fortalecer la soberanía alimentaria y la economía de los pequeños productores de la región.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias bibliográficas

- Abu-Zahra, T. R. (2017). Effect of cold storage and modified atmosphere packaging on strawberry (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) cv. "Arben" fruit keeping quality. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 14(4), 1251–1258. <https://doi.org/10.13005/bbra/2567>
- Azam, M., Ejaz, S., Rehman, R. N. U., Khan, M., & Qadri, R. (2019). Postharvest quality management of strawberries. En Asao, T., & Asaduzzaman, M. (Eds). (2019). Strawberry - Pre- and Post-Harvest Management Techniques for Higher Fruit Quality. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.82341>
- Barbieri, G., Colonna, E., Roupheal, Y., & De Pascale, S. (2015). Effect of the farming system and postharvest frozen storage on quality attributes of two strawberry cultivars. *Fruits*, 70(6), 351–360. <https://doi.org/10.1051/fruits/2015036>. <https://fruits.edpsciences.org/articles/fruits/pdf/2015/06/fruits150073.pdf>

- Błaszczek, J., Bieniasz, M., Nawrocki, J., Kopeć, M., Mierzwa-Hersztek, M., Gondek, K., Zaleski, T., Knaga, J., & Bogdał, S. (2022). The effect of harvest date and storage conditions on the quality of remontant strawberry cultivars grown in a gutter system under covers. *Agriculture*, 12(8), 1193. <https://doi.org/10.3390/agriculture12081193>
- Bravo Avalos, M. B., Arboleda Álvarez, L. F., & Tamayo Galarza, G. N. (2021). Prototype of jam based on a non-caloric sweetener for greater consumption in the Ecuadorian population. *Ciencia Digital*, 5(3), 87-101. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v5i3.2592>
- Dhall, R. K. (2013). Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(5), 435–450. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.541568>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education. <https://bibliotecadigital.uce.edu.ec/s/L-D/item/793>
- Ikegaya, A., Ohba, S., Nakajima, T., Toyoizumi, T., Ito, S., & Arai, E. (2020). Practical long-term storage of strawberries in refrigerated containers at ice temperature. *Food Science & Nutrition*, 8(9), 5138–5148. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1817>
- Khalid, S., Majeed, M., Ullah, M., Irfan, Shahid, M., Riasat, A. R., Abbas, T., Aatif, H. M., & Farooq, A. (2020). Effect of storage conditions and packaging material on postharvest quality attributes of strawberry. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 3(Issue 2), 195-208. <https://doi.org/10.22077/jhpr.2019.2826.1093>
- Kuchi, V. S., & Sharavani, C. S. R. (2019). Fruit physiology and postharvest management of strawberry. *IntechOpen eBooks*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.84205>
- Nguyen, D. H. H., & Nguyen, H. V. H. (2021). Effects of storage temperature on postharvest physico-chemical attributes of nano-chitosan coated strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.). *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 4(1), 101–114. <https://doi.org/10.22077/jhpr.2020.3317.1139>
- Paredes Peralta, A. V., Caiza Cuzco, J. I., & Arboleda Álvarez, L. F. (2024). Starch, its use and effect as an edible coating in fruit preservation. *Ciencia Digital*, 8(2), 144-160. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i2.3001>

- Qiao, J., Guo, M., Wu, Y., Gao, J., & Yue, Z. (2022). Research on strawberry cold chain transportation quality perception method based on BP neural network. *Applied Sciences*, 12(17), 8872. <https://doi.org/10.3390/app12178872>
- Reyes-Avalos, M. C., Minjares-Fuentes, R., Esparza-Rivera, J. R., Contreras-Esquivel, J. C., Montañez Sáenz, J. C., & Meza-Velázquez, J. A. (2017). Calidad de melón cantaloupe (*Cucumis melo*) cubierto con una película comestible de alginato-hpmc-parafina. *Nova scientia*, 9(18), 222-238. <https://doi.org/10.21640/ns.v9i18.797>
- Sajid, A., Mukhtar, H., Ansari, W. Z., Fareed, A., Saddiqe, Z., & Rahimi, M. (2025). Enhancing post-harvest quality of strawberries and guava using innovative chitosan-beeswax edible coatings. *Applied Fruit Science* 67, 171. <https://doi.org/10.1007/s10341-025-01397-5>
- Sturzeanu, M. (2020). Postharvest quality of strawberry fruits grown in conventional system. *Romanian Journal of Horticulture*, 1(1), 177–182. <https://doi.org/10.51258/RJH.2020.23>
- Suarez Muñoz, B. S., Villavicencio Yanos, J. A., Nuñez Rodríguez, P. J., & Sarango Guamán, S. S. (2023). Evaluation of the clarifying effect of balsa bark mucilage (*ochroma pyramidale* cav.) in an apple juice. *Conciencia Digital*, 6(2), 6-25. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v6i2.2522>
- Venturini Antunes, G., Miranda Sodré, G., Radünz, M., Silva da Rosa, R., Rodrigues, A., Arocha Gulate, M., Valente Gandra, T. K., & Avila Gandra, E. (2023). Bioactive coating of sodium alginate and agar added with essential oils of thyme (*Thymus vulgaris* L.) and sweet orange (*Citrus aurantium* var. *dulcis*) with antimicrobial properties applied over strawberries. *Revista Chilena de Nutrición*, 50(3), 281–290. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182023000300281>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Alfa Publicaciones**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Alfa Publicaciones**.



Open policy finder
Formerly Sherpa services

Perspectivas sobre los indicadores ecológicos para evaluar la sostenibilidad de los bosques tropicales

Perspectives on ecological indicators for assessing the sustainability of tropical forests

- ¹ Roy Vera-Velez  <https://orcid.org/0000-0002-4716-4390>
University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada.
roy.vera@usask.ca
- ² Raúl Ramos-Veintimilla  <https://orcid.org/0000-0001-5181-1039>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
raul.ramos@epoch.edu.ec
- ³ Jorge Grijalva-Olmedo  <https://orcid.org/0000-0001-8301-531X>
Universidad Central del Ecuador (UCE), Quito, Ecuador.
jgrijalva@uce.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 08/03/2026

Revisado: 10/04/2026

Aceptado: 13/05/2026

Publicado: 29/05/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v8i2.691>

Cítese:

Vera Velez, R., Ramos Veintimilla, R., & Grijalva Olmedo, J. (2026). Perspectivas sobre los indicadores ecológicos para evaluar la sostenibilidad de los bosques tropicales. *AlfaPublicaciones*, 8(2), 88–130. <https://doi.org/10.33262/ap.v8i2.691>



ALFA PUBLICACIONES, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://alfapublicaciones.com>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Palabras claves:

Manejo forestal sostenible;
Indicadores ecológicos;
bosques tropicales;
biodiversidad;
servicios ecosistémicos.

Resumen

Introducción: los bosques tropicales albergan una de las mayores concentraciones de biodiversidad del planeta y proporcionan servicios ecosistémicos esenciales para la regulación climática, la conservación del suelo y el bienestar humano. Sin embargo, la pérdida acelerada de cobertura forestal y la creciente presión por el uso de los recursos naturales han generado la necesidad urgente de desarrollar herramientas efectivas para evaluar la sostenibilidad de estos ecosistemas.

Objetivos: esta revisión analiza 25 años de investigación sobre indicadores ecológicos aplicados al manejo forestal sostenible en regiones tropicales, con el fin de identificar tendencias, vacíos de conocimiento y asociaciones entre distintos indicadores y tipos de manejo forestal. **Metodología:** se revisaron 251 estudios publicados entre 2000 y 2025 relacionados con tala selectiva, productos forestales no maderables, sistemas agroforestales, agricultura itinerante y plantaciones forestales. Los estudios fueron clasificados según el tipo de manejo y la escala ecológica de los indicadores, incluyendo ecosistema, comunidad, especie, genética y componente social. **Resultados:** los resultados muestran que la mayoría de los estudios se han enfocado en bosques naturales y en indicadores a nivel de ecosistema y comunidad, especialmente aquellos relacionados con biodiversidad, calidad del suelo, carbono y fauna silvestre. Además, se identificaron asociaciones específicas entre determinados indicadores y tipos de manejo forestal. Sin embargo, este enfoque predominante en bosques naturales evidencia un vacío de investigación en sistemas agroforestales, plantaciones forestales y agricultura itinerante. **Conclusiones:** esta revisión destaca la necesidad de ampliar los enfoques de monitoreo más allá de los bosques naturales, incorporando sistemas agroforestales, plantaciones forestales y agricultura itinerante como componentes clave para la conservación de los bosques tropicales y la sostenibilidad de sus servicios ecosistémicos. **Área de estudio general:** Ecología. **Área de estudio específica:** Manejo Forestal Sostenible. **Tipo de artículo:** Revisión bibliográfica narrativa.

Keywords:

Sustainable forest management;

Abstract

Introduction: Tropical forests are home to one of the highest concentrations of biodiversity on the planet and provide essential

Ecological indicators; tropical forests; biodiversity; ecosystem services.

ecosystem services for climate regulation, soil conservation, and human well-being. However, the accelerated loss of forest cover and the increasing pressure for the use of natural resources have generated the urgent need to develop effective tools to assess the sustainability of these ecosystems. **Objectives:** This review analyzes 25 years of research on ecological indicators applied to sustainable forest management in tropical regions, to identify trends, knowledge gaps, and associations between different indicators and types of forest management. **Methodology:** 251 studies published between 2000 and 2025 related to selective logging, non-timber forest products, agroforestry systems, shifting agriculture and forest plantations were reviewed. The studies were classified according to the type of management and the ecological scale of the indicators, including ecosystem, community, species, genetics, and social components. **Results:** The results show that most studies have focused on natural forests and indicators at the ecosystem and community level, especially those related to biodiversity, soil quality, carbon, and wildlife. In addition, specific associations were identified between certain indicators and types of forest management. However, this predominant focus on natural forests shows a research gap in agroforestry systems, forest plantations and shifting agriculture. **Conclusions:** This review highlights the need to expand monitoring approaches beyond natural forests, incorporating agroforestry systems, forest plantations and shifting agriculture as key components for the conservation of tropical forests and the sustainability of their ecosystem services. **General area of study:** Ecology. **Specific study area:** Sustainable Forest Management. **Type of article:** Narrative bibliographic review.

1. Introducción

Las últimas décadas han sido testigo de un creciente interés mundial en las discusiones sobre la conservación de la biodiversidad, con énfasis en el uso sostenible de los recursos de los bosques tropicales. Estas iniciativas proactivas surgieron no solo debido a la pérdida, a menudo masiva, de áreas forestales y numerosas especies endémicas, sino también por las posibles consecuencias sobre el cambio ambiental y la calidad de vida humana en estas regiones. Anteriormente, el manejo forestal se enfocaba principalmente

en la producción de madera y productos forestales como una actividad rentable y fuente de ingresos (*International Tropical Timber Organization* [ITTO], 1990), mientras que las políticas de biodiversidad y manejo ambiental eran consideradas prioridades secundarias (Noss, 1990). Afortunadamente, los esfuerzos orientados a incluir aspectos más amplios y aplicables de la sostenibilidad han promovido la cooperación solidaria internacional y la implementación de prácticas ecológicas mediante métodos equilibrados en la gobernanza forestal (ITTO, 1992; *United Nations*, 1992). Como resultado, y en cumplimiento de la cumbre de Río (*United Nations*, 1992), los responsables de la formulación de políticas reconocieron la conservación de la biodiversidad, la productividad forestal y la prosperidad de las comunidades rurales dependientes del bosque como prioridades fundamentales para enfrentar la crisis de conservación global (McDonald & Lane, 2004).

Actualmente, el manejo forestal sostenible es ampliamente aceptado; sin embargo, el sistema operativo aún se encuentra definido de manera poco clara, especialmente en las regiones tropicales. Diversas descripciones de este enfoque, por ejemplo, ITTO (2016), *Food and Agricultural Organization of the United Nations* (FAO, 2018a), McDonald & Lane (2004) y Sheil et al., (2004) apuntan hacia un proceso ambientalmente responsable destinado a proveer recursos para las necesidades humanas. No obstante, las complejas dimensiones económicas, ambientales, sociales y culturales de los distintos países del mundo hacen que el Manejo Forestal Sostenible (SFM) sea un concepto difícil de medir (Castañeda, 2000; McCool & Stankeyz, 2001). En este sentido, examinar la sostenibilidad de las prácticas ecológicas bajo un marco multidimensional representa uno de los desafíos más importantes para administradores forestales, científicos y planificadores de recursos (Mendoza & Prabhu 2003).

Para superar la complejidad asociada al monitoreo del SFM, el uso de criterios e indicadores (C&I) ha despertado gran interés. Según Prabhu et al. (2001) los criterios e indicadores representan herramientas prácticas de orientación e información para monitorear el manejo forestal. Dentro de este contexto, los criterios denotan múltiples puntos intermedios y argumentos teóricos que ilustran colectivamente el principio de sostenibilidad (Prabhu et al., 1999). Por otro lado, los indicadores son variables medibles relacionadas con áreas forestales bajo uso (Castañeda, 2000; Mendoza & Prabhu, 2003; McDonald & Lane 2004). Sobre esta base, la condición multidimensional de los bosques y ecosistemas puede evaluarse a diferentes escalas espaciales y temporales.

La creciente conciencia sobre la necesidad de implementar exitosamente el SFM alrededor del mundo ha generado importantes planes regionales y globales, como las tres grandes iniciativas de marcos de trabajo para C&I, para una descripción completa ver Castañeda (2000) y Hickey & Innes (2008). La primera, conocida como el Proceso de Montreal (Montreal Process 1994), representa a los países con bosques templados y boreales; la segunda corresponde al grupo Paneuropeo, es decir, los países de la Unión Europea; y la tercera está representada por la Organización Internacional de las Maderas

Tropicales (ITTO), que incluye todos los bosques tropicales y subtropicales del mundo. La idea detrás de cada grupo es establecer criterios estandarizados y consistentes, así como cooperación internacional en torno al uso y conservación de los ecosistemas forestales. Dentro de este contexto ambiental y geopolítico, la literatura relacionada con biodiversidad y enfoques de monitoreo de sostenibilidad basados en indicadores ha aumentado considerablemente en los últimos años, por ejemplo: Duelli & Obrist (2003), Kotwal et al., (2008), Choi & Sirakaya (2006).

Sin embargo, los hallazgos después de 30 años de las tres iniciativas globales mencionadas anteriormente son ampliamente divergentes. Por ejemplo, el último informe de evaluación forestal declaró un incremento en la superficie forestal mundial (FAO, 2018b). No obstante, este aumento se restringe a los bosques templados y boreales, mientras que la tendencia en las regiones tropicales es opuesta. Es decir, el paisaje forestal en las regiones septentrionales del planeta aumenta a una tasa anual de 0.08%, mientras que las áreas boscosas tropicales enfrentan una disminución anual de -0.44% (FAO, 2015). Este problema global conlleva consecuencias adversas sobre los servicios ecosistémicos, por ejemplo, el secuestro de carbono (*Intergovernmental Panel on Climate Change* [IPCC], 2014), contribuyendo a acelerar el cambio climático. La pregunta es: ¿por qué el paisaje boscoso tropical continúa disminuyendo después de varias décadas de establecimiento de indicadores para monitorear biodiversidad y sostenibilidad? La respuesta es bastante compleja. Sin embargo, dada la estrecha relación de este problema con los sistemas de monitoreo del manejo forestal, se requiere una revisión de indicadores enfocada en actividades forestales tropicales dentro de un contexto amplio para identificar posibles vacíos de conocimiento relacionados con indicadores más adecuados y relevantes frente a las condiciones socioeconómicas y ambientales predominantes en estas regiones.

Una de las principales preocupaciones en los trópicos del mundo es la continua desertificación y desaparición de áreas naturales. Este problema ha sido atribuido durante mucho tiempo a actividades antropogénicas, principalmente agricultura y ganadería, así como a prácticas inadecuadas de tala forestal (Meyer et al., 2015), entre otras actividades. Esta problemática ha llevado a considerar como prioridad el monitoreo permanente de la diversidad biológica y del manejo forestal en los bosques remanentes no perturbados, con el objetivo de prevenir la extinción de especies endémicas de flora y fauna. Sin embargo, esta urgencia por examinar zonas de bosque primario ha desviado la atención de áreas impactadas por el uso humano, como los Sistemas Agroforestales (AFSs) y los Bosques Tropicales Plantados (PF), áreas importantes que representan alternativas ecológicas para reducir la presión sobre las reservas forestales.

A pesar de la existencia de algunos estudios relacionados con el manejo sostenible de prácticas agrícolas en regiones tropicales, por ejemplo, métodos de cultivo bajo sombra (Gillison et al., 2014), y sistemas agroforestales de café y cacao (Castro-Tanzi et al., 2012; Vera-Velez et al., 2019), la información disponible sigue siendo escasa. Además, existen

varias revisiones que abordan contextos más allá de su aplicabilidad al manejo forestal, por ejemplo, temas políticos (Schulze et al., 2008), certificaciones madereras (Damette & Delacote, 2011), entre otros. Estas limitaciones dificultan determinar los fundamentos que sustentan proxis biológicos relevantes y prácticos que puedan conducir a mejores prácticas de manejo sostenible de los paisajes tropicales.

Dentro de este contexto, la presente revisión recopila información pertinente sobre sustitutos biológicos desarrollados en bosques tropicales bajo manejo para analizar dos aspectos principales: 1) si existe una asociación específica entre indicadores biológicos y modelos específicos de manejo, y 2) si el uso de estos proxis es más generalizado. Este estudio también busca llenar vacíos en la literatura relacionados con el uso de recursos naturales y discute la aplicabilidad de los indicadores biológicos como base para la conservación de los recursos forestales, al mismo tiempo que mejora la sostenibilidad de las áreas forestales manejadas circundantes.

2. Metodología

Esta investigación se basa en una revisión exhaustiva de literatura y meta análisis relacionados con indicadores ecológicos para el Manejo Forestal Sostenible (SFM) en ecosistemas tropicales. Las búsquedas de artículos científicos publicados se realizaron en dos importantes bases de datos científicas, Web of Science (WOS) y los recursos de información en línea de CABI. Los términos específicos de búsqueda fueron definidos previamente e incluyeron los siguientes (búsqueda en inglés) “*tropical forest**”, “*sustain**”, “*management*” e “*indicator**”. La selección de artículos científicos consistió en estudios relacionados con diversos aspectos del manejo forestal, incluyendo información sobre indicadores ecológicos específicos; por lo tanto, se excluyeron los artículos que no cumplieran con los criterios anteriormente mencionados. Además, el período de búsqueda se restringió a los 25 años previos, es decir, entre 2000 y 2025.

Este intervalo de tiempo permitió identificar los avances más relevantes relacionados con el manejo forestal y su relación con los indicadores. Aunque el método de exploración utilizado pudo haber excluido algunos estudios sobre el uso sostenible de los recursos forestales, el número de artículos incluidos en este manuscrito proporciona una aproximación de las tendencias actuales relacionadas con los indicadores más importantes para el SFM en regiones tropicales y subtropicales.

Las publicaciones recuperadas fueron categorizadas según el tipo de manejo (tala selectiva, productos forestales no maderables, sistemas agroforestales, agricultura migratoria y bosques plantados) y según las escalas ecológicas de los indicadores, tales como ecosistema, comunidad, especie y nivel genético (Noss, 1990; Castañeda, 2000; Lindenmayer et al., 2006). Asimismo, cuando fue posible, se registró el valor umbral indicado en los artículos. La categorización de los estudios permitió analizar tendencias en la identificación de indicadores, tipos de manejo y su asociación con categorías ecológicas de sostenibilidad (Noss, 1990).

La proporción relativa anual de artículos publicados fue analizada en la escala temporal de los últimos 25 años en relación con cada actividad forestal y tipo de práctica identificada en la literatura para las regiones tropicales. Este procedimiento permitió investigar las tendencias globales de investigación relacionadas con los diferentes modelos temporales de uso de la tierra para el SFM en los trópicos. La tendencia en la proporción de artículos publicados fue analizada mediante un análisis de covarianza (ANCOVA) para identificar si los valores porcentuales diferían entre distintos modelos de manejo (diferencias en el intercepto) y si estas diferencias cambiaban a través del tiempo (variación en la pendiente). La estructura del modelo es la siguiente **Ecuación 1**.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta(\chi_{ij} - \bar{\chi}) + \epsilon_{ij} \quad (1)$$

Where Y_{ij} = proporción relativa (%) de artículos publicados en el año i en el tipo de gestión j ; μ = media del modelo; T_i = tipo de gestión i ; β = pendiente del modelo ajustado por año i en cada categoría de tipo de gestión j ; $\bar{\chi}$ = media global de la covariable χ , y ϵ_{ij} = término del error en el modelo.

Considerando que el término de error en el método ANCOVA requiere el supuesto de una distribución Gaussiana y dado que se trabajó con datos proporcionales en la variable dependiente, la variable Y_{ij} fue transformada mediante *arcsin*. De esta manera, fue posible ajustar adecuadamente este procedimiento estadístico a los datos.

Los artículos encontrados en nuestra revisión bibliográfica también fueron analizados de acuerdo con las categorías ecológicas de sostenibilidad (Noss, 1990). Para ello, la proporción relativa de artículos publicados (2000–2025) en relación con cada actividad forestal fue agrupada en función de cada una de las escalas ecológicas. Este tipo de análisis de configuración se realizó para observar si las tendencias globales se enfocan en un nivel ecológico particular de sostenibilidad dentro de cada modelo de manejo. De manera similar, los indicadores ecológicos también fueron recopilados de la literatura y categorizados según las clases ecológicas de sostenibilidad. Se calculó la proporción relativa (%) de estos proxis en relación con los diferentes tipos de manejo o actividades forestales en las regiones tropicales. Los análisis de estos indicadores tuvieron como objetivo determinar si existe una asociación significativa con un modelo específico de uso de la tierra. Esta asociación fue evaluada mediante análisis de contingencia seguido de un análisis de correspondencia (CA), y verificada de acuerdo con su distribución chi-cuadrado. Todos los análisis fueron realizados utilizando el software estadístico R (R Core Team 2017).

3. Resultados

La búsqueda bibliográfica produjo un total de 289 artículos; sin embargo, 38 de ellos fueron excluidos debido a que el contenido estaba fuera del enfoque y los criterios establecidos para este manuscrito. En consecuencia, únicamente 251 artículos fueron considerados apropiados para los análisis de indicadores relacionados con el manejo forestal sostenible (SFM) (**Tabla 1**). Entre los estudios evaluados se identificaron cinco tipos de manejo actualmente reconocidos en paisajes tropicales: Sistemas Agroforestales

(AFSs), Tala Selectiva (logging), Productos Forestales No Maderables (NTFPs), Agricultura Migratoria (SA) y Bosques Plantados (PF).

Tabla 1
Bibliografía artículos relevantes

Tipo de Gestión	de Escala Ecológica	País	Indicador	Referencias
Sistemas Agroforestales (SAFs)	Ecosistema	Costa Rica, Brazil, Mexico, Malaysia, Nicaragua, Bangladesh, Peru, Indonesia	Limitaciones de Ca^{+2} , cubierta arbórea y riqueza / diversidad, diversidad de macrofauna, carbono orgánico del suelo, retención de capacidad de agua, diversidad de micro organismos del suelo y biomasa / carbono de microorganismos, nematodos bacteriófagos.	Castro-Tanzi et al. (2012), de Jesús-Crespo et al. (2016), Moura et al. (2015), Jyoti et al. (2015), Partelli et al. (2012), Silva et al. (2010), Diemont & Martin (2005), Vanhove et al. (2016), Rousseau et al. (2013), Balota et al. (2014), Kaschuk et al. (2011), Jakimow et al. (2018), Cingolani et al. (2013), Bhowmik et al. (2016), Brearley & Thomas (2015), Pinho et al. (2012), Vanhove et al. (2016)
	Comunidad/ Población	Indonesia, Mexico	Riqueza/diversidad de plantas, tipos funcionales de plantas, por ejemplo, especies de árboles productores de frutos, diversidad y composición de aves y mariposas.	Gillison et al. (2004), Mas & Dietsch (2004)
	Social	Cameroon, Sulawesi, Mexico, Bangladesh, Peru	Relación beneficio – costo, rendimiento económico	Rodrigues et al. (2009), Wartenberg et al. (2018), Ferguson et al. (2013), Alam et al. (2010), Jezeer et al. (2018), Cosyns et al. (2013)
Tala (selectiva)	Ecosistema	Indonesia, Venezuela, Namibia, Brazil, Ethiopia	Cobertura del dosel, $C\ ha^{-1}$, densidad de la madera, los ensamblajes de libélulas son buenos indicadores de un ambiente saludable, carbono y biomasa.	Hartanto et al. (2003), Vilanova-Torre et al. (2010), Smaling & Dixon (2006), Suhling et al. (2006), Singh & Das (2014), Entenmann et al. (2014), Eriksson et al. (2003), Foody (2003)
	Comunidad / Población	Costa Rica, Malaysia, Guyana, Brazil, Trinidad, Borneo, Bolivia, French Guyana, Belize, China, Uganda, Nicaragua, Mexico, Papua New Guinea, Indonesia, Venezuela, Tanzania, Kalimantan, Laos, Kenya, Hong Kong,	Diversidad y composición de escarabajos estercoleros, siete familias de insectos, número de leopardos ha^{-1} , ensamblajes de aves y murciélagos, ensamblajes de mariposas, diversidad y ensamblajes de hormigas de hojarasca, composición y estructura de especies arbóreas, ensamblajes de géneros de árboles, mariposas frugívoras, bancos de semillas del suelo, estructura de primates, ensamblajes de murciélagos frugívoros, composición taxonómica de árboles, gremios de especies arbóreas, artrópodos terrestres no correlacionados con la riqueza	Aguilar-Amuchastegui & Henebry (2007), Akutsu et al. (2007), Sanei et al. (2011), Bicknell et al. (2015), Brown & Freitas (2000), Celentano et al. (2012), Clarke et al. (2005), Edwards et al. (2012), Felton et al. (2008), Henry et al. (2010), Huth et al. (2005), Imai et al. (2014), Lewis (2001), Lin et al. (2006), Miranda et al. (2013), Mwavu & Witkowski (2009), Ordóñez et al. (2005), Presley et al. (2009), Ribeiro et al. (2015), Rüger et al. (2008), Rutten et al. (2015), Testolin et al. (2016), Ochoa-Gaona et al. (2010), Goehring et al. (2002), Zhang & Jim (2013), Aguilar-Amuchastegui & Henebry (2006), Aguilar-Amuchastegui & Henebry (2008), Singh et al. (2017), Chevillotte et al. (2014), Carlson et al. (2011), Fortini et al. (2015), Garcia & Lescuyer (2008), Hammond & Zagt (2006), Han et al. (2017), Iñiguez-Armijos et al. (2014), Laurance et al. (2012), Meyer (2015)

Tabla 1
Bibliografía artículos relevantes (continuación)

Tipo de Gestión	de	Escala Ecológica	País	Indicador	Referencias
		Especies	Kenya, Congo	La presencia de especies arbóreas como indicador de tala de alta intensidad: densidad de <i>Solanum mauritianum</i> ; <i>Entandrophragma cylindrum</i> y <i>Triplochiton scleroxylon</i> .	Hitimana et al. (2010), Karsenty & Gourlet-Fleury (2006)
		Genética	Mexico	Alta diversidad genética: de 2 a 15 km entre poblaciones.	González-Astorga & Castillo-Campos (2014)
		Social	Brazil, Papua New Guinea, Kenya, Ghana, India, Solomon Islands	Rentabilidad, cobertura forestal, bienestar.	Schulze et al. (2008), Sousa & Riveiro (2017), Eshun et al. (2010), Manners & Varela-Ortega (2007), Prasad & Badarinath (2005), Gibson (2018), Damette & Delacote (2011), Holmes et al. (2001)
		Ecosistema	Mexico, Peru, Nigeria, Ecuador, Cameroon, Ethiopia, Brazil, Tanzania, India	Macrofauna del suelo: los taxones de Orthoptera indican suelos saludables, mientras que los Coleoptera indican suelos degradados; la exclusión del fuego produce mayores rendimientos y reservas de carbono; la biomasa microbiana del suelo también es un buen indicador de la intensificación del uso de la tierra.	Bautista et al. (2009), Lindell et al. (2010), Salako et al. (2001), Bonilla-Bedoya et al. (2017), Norgrove & Hauser (2015), Adeyolanu et al. (2013), Bautista-Cruz et al. (2012), Trilleras et al. (2015), Hauser et al. (2005), Lemenih et al. (2005), Nogueira et al. (2006), Pabst et al. (2016), Patel et al. (2010), Cole et al. (2015), Mendonça et al. (2009), Moura et al. (2016), Moura et al. (2013), Norgrove & Hauser (2016), Solen et al. (2018), Trivedi et al. (2016),
Agricultura Itinerante		Comunidad / Población	Uganda, Brazil, India, Sri Lanka, Cameroon, Ecuador, Mexico, Bolivia, Australia,	Composición de especies, estructura y riqueza arbórea, mariposas e insectos frugívoros. Los ensamblajes de aves, murciélagos y pequeños mamíferos son los indicadores más costo-efectivos; un mayor número de colonias de la especie de hormiga <i>Aenictus</i> indica bosques menos perturbados; proporción de sexos en murciélagos frugívoros	Sassen & Sheil (2013), Jakovac et al. (2016), Sreekar et al. (2015), Bobo et al. (2006), Peck et al. (2014), Matsumoto et al. (2009), Henry et al. (2007), González-Valdivia et al. (2012), Duveiller et al. (2008), Forrest et al. (2008), Pert et al. (2012), Reddy et al. (2014), Beaulieu & Weeks (2007), Bhagawati et al. (2015), Bhattacharjya et al. (2017), Kershaw & Mallik (2013)
		Social	Gabon, China, Ghana	Rendimiento de cultivos, residuos de madera	Foerster et al. (2011), Cotter et al. (2014), Eshun et al. (2012)

Tabla 1
Bibliografía artículos relevantes (continuación)

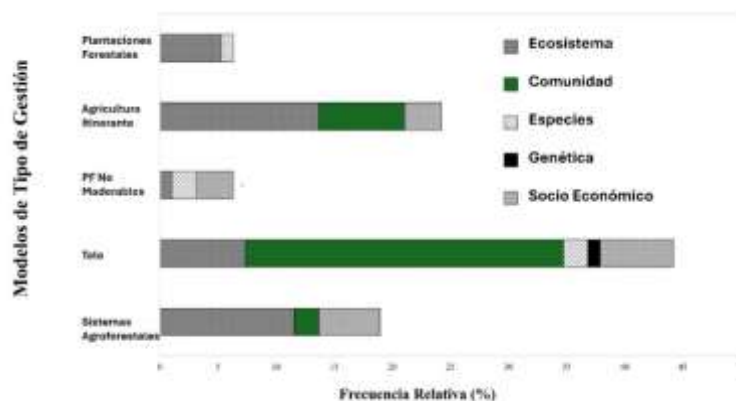
Tipo de Gestión	de	Escala Ecológica	País	Indicador	Referencias
Non-timber forest products (NTFPs)		Ecosistema	Australia	Rasgos fisiológicos: los isótopos de carbono y nitrógeno en las hojas son buenos indicadores del crecimiento del tallo en especies de <i>Aquilaria</i> . Calidad del suelo en plantaciones de coco.	López-Sampson et al. (2017)
		Especies	Guyana	Número de especímenes de <i>Ateles paniscus</i> y <i>Chiropotes sagulatus</i> ; <i>Tapirus terrestris</i> (40 individuos cazados por persona por año), <i>A. paniscus</i> (24 individuos cazados por persona por año), <i>Crax alector</i> (40 individuos cazados por persona por año). La caza de 198 <i>Cuniculus paca</i> año ⁻¹ , 168 <i>C. alector</i> año ⁻¹ y 117 <i>A. paniscus</i> año ⁻¹ es insostenible; <i>T. terrestris</i> es aprovechado a una tasa seis veces superior a la sostenible. <i>A. paniscus</i> desaparecerá en 20 años.	Shaffer et al. (2017, 2018)
		Social	Brazil, Peru, Equatorial Guinea, Ghana	Comportamiento humano, datos de mercado (distancia del bosque a los centros de mercado).	Levi et al. (2011), Mantilla & Neri (2015), Allebone-Webb et al. (2011), van Vliet et al. (2015), Weinbaum et al. (2013)
Plantaciones Forestales (PF)		Ecosistema	Brazil, Venezuela, Congo, New Zealand	<i>Eucalyptus</i> y <i>Pinus</i> ; carbono orgánico del suelo, biomasa microbiana.	Vergutz et al. (2010), Hernández-Hernández et al. (2008), Laclau et al. (2010), Palmer et al. (2005), Silva et al. (2016), Jyoti et al. (2015), Moscovich et al. (2005), Vilanova et al. (2012)
		Comunidad / Población	Japan, New Zealand	Artropodos como indicadores en plantaciones forestales	Maleque et al. (2009)
		Especies	Cameroon	Cicatrices en los Troncos de árboles de caucho	Michels et al. (2012)

Nota: resumen de los aspectos más relevantes de las publicaciones que incluyen manejo forestal sostenible e indicadores biológicos en bosques tropicales. Los artículos están clasificados por tipo de manejo, escala ecológica, país/localidad, indicador-verificador y referencia original.

Esta revisión indica que la gran mayoría de los estudios se enfocaron en tala selectiva (aprox. 45%), seguida por agricultura migratoria (28%), sistemas agroforestales (20%) y, finalmente, NTFPs y PF, cada uno con aproximadamente 7% (**Figura 1**). En términos de los componentes ecológicos de la sostenibilidad, la principal tendencia estuvo enfocada en los niveles de comunidad y ecosistema, mientras que los niveles de especie y genética recibieron menor atención. El componente social fue el tercer factor más frecuente en cada tipo de manejo, con excepción de PF (**Figura 1**).

Figura 1

Proporción relativa de estudios realizados en relación con indicadores de sostenibilidad

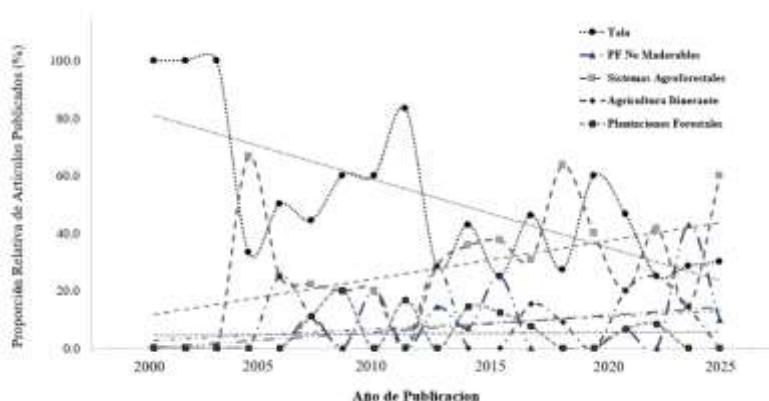


Nota: el gráfico de barras que muestra la proporción relativa de estudios realizados en relación con indicadores de sostenibilidad en PF, AI, PFNM, Tala y SAFs entre 2000 y 2025. La cantidad de artículos publicados dentro de este contexto se muestra en cada barra, es decir, componente ecosistémico, comunitario, de especies, genético y social

Por otro lado, el análisis temporal de la proporción de estudios publicados entre 2000 y 2025 sobre SFM reveló una relación lineal significativa. Estas tendencias estuvieron principalmente enfocadas en tala selectiva y agroforestería (**Figura 2**). A inicios de la década de los 2000, un gran número de estudios se concentraba en tala selectiva, mientras que las demás categorías recibían menor atención. Sin embargo, la proporción de artículos cuyo objetivo principal era la tala selectiva disminuyó con el tiempo (**Figura 2**), mientras que la proporción de estudios relacionados con sistemas agroforestales aumentó. En relación con las otras tres actividades forestales, es decir, PF NM, PF y AI, los resultados muestran una proporción significativamente menor de estudios vinculados con estos tipos de manejo forestal en comparación con SAFs y tala selectiva.

Figura 2

Clasificación de los indicadores biológicos y la proporción relativa de los estudios desarrollados con respecto a Plantaciones Forestales, Agricultura Itinerante, PF No Maderables, tala y Sistemas Agroforestales entre 2000 y 2025

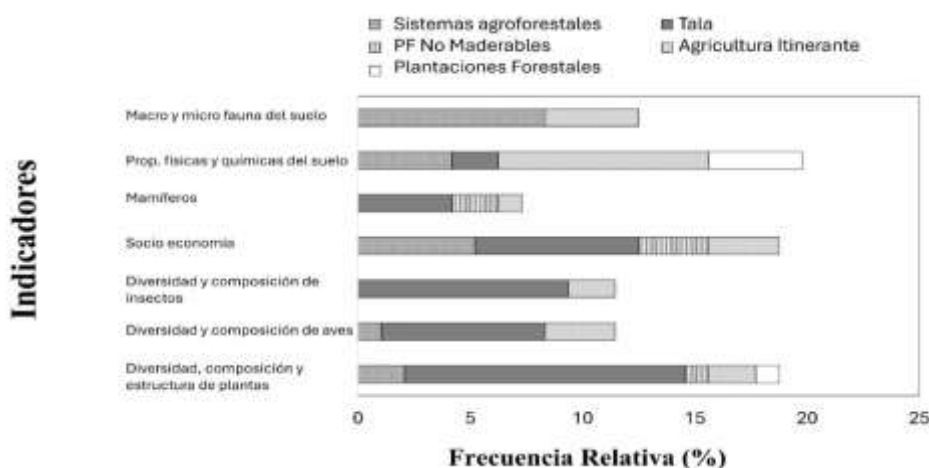


Nota: el gráfico que muestra la tendencia general durante 25 años de investigación en manejo forestal sostenible.

También se identificaron siete categorías de indicadores de manejo sostenible basadas en características compartidas o niveles estándar de representación ambiental. Estos grupos incluyeron diversidad y composición de plantas, aves e insectos, así como presencia de mamíferos, propiedades físicas y químicas del suelo, macro y microfauna, y aspectos socioeconómicos de la región (**Figura 3**).

Figura 3

Clasificación de los indicadores biológicos y la proporción relativa de los estudios desarrollados con respecto a PF, SA, PFNM, tala y SAF entre 2000 y 2025

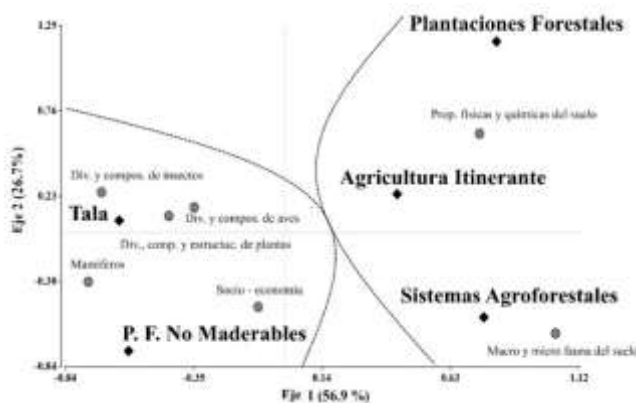


Nota: el gráfico que muestra la tendencia general durante 25 años de investigación en manejo forestal sostenible.

El análisis de contingencia mostró una asociación significativa (Chi-square, $p < 0.0001$) entre los tipos de manejo y algunos indicadores específicos, mientras que el análisis de correspondencia múltiple ilustró esta relación mediante un diagrama de ordenación (**Figura 4**).

Figura 4

Diagrama de ordenación (bi-plot) utilizando Análisis de Correspondencia (CA) después del análisis de contingencia



Nota: los diamantes negros indican los tipos de manejo (en negrita) en el bosque tropical y las principales categorías de indicadores biológicos (círculos grises). Las dos líneas discontinuas separan los dos grupos formados después del CA. Las relaciones mostradas en el gráfico son las siguientes: cuanto más cercanos estén los círculos grises a los diamantes, mayor relación o asociación existe entre ellos. Los ejes explican el 84% de la varianza en la tabla de contingencia.

En términos generales, los sistemas de manejo basados en tala selectiva y agricultura migratoria incluyen una amplia gama de indicadores, tales como suelo, animales, plantas y variables sociales (**Figura 3**). No obstante, una proporción considerable de estudios destaca la relevancia primaria y fundamental de los indicadores basados en plantas e insectos en relación con la tala selectiva, mientras que la mayoría de los estudios sobre sostenibilidad en SA, PF y SAFs se enfocan principalmente en las propiedades físicas y químicas del suelo (**Figura 4**).

4. Discusión

Las evaluaciones de biodiversidad y servicios ecosistémicos son urgentes y se han convertido en una prioridad global para los responsables de la toma de decisiones. De hecho, los recursos forestales en las regiones tropicales son considerados esenciales para los medios de vida humanos y para el soporte natural de la vida en la Tierra (Maes et al., 2012). Sin embargo, la explotación de estos recursos biológicos por encima de su punto de resiliencia pone en riesgo la diversidad biológica y los beneficios asociados (Raudsepp-Hearne et al., 2010; Daw et al., 2011). Recientemente, numerosos estudios han combinado una serie de indicadores biológicos como proxys de diferentes componentes forestales, tales como la conservación de flora y fauna (Lindenmayer et al., 2001), la contribución constante y sustancial de los bosques del mundo como sumideros de carbono (Silva et al., 2010), y el bienestar humano, la salud, la productividad y los medios de vida (Alam et al., 2010).

No obstante, la complejidad mega diversa de los bosques tropicales, compuestos por múltiples estratos arbóreos y diferentes enfoques de manejo con distintas intensidades de extracción de recursos, hace que el monitoreo sea un desafío. En esta revisión argumentamos que las tendencias de investigación sobre indicadores biológicos en el Manejo Forestal Sostenible (SFM) en los trópicos deberían abarcar prácticas consistentes de aprovechamiento sostenible con modelos ajustados a tipos específicos de manejo. Del mismo modo, los esquemas de conservación de la estructura, diversidad y servicios ecosistémicos de las áreas forestales tropicales requieren detectar indicadores biológicos relevantes asociados a umbrales de manejo. Estos marcadores naturales no solo deben adaptarse a la dinámica de los bosques naturales, sino también, y especialmente, a los Sistemas Agroforestales (AFSs), Agricultura Migratoria (SA) y bosques plantados. Por conveniencia, esta sección de discusión se divide en dos partes. La primera aborda las tendencias generales de investigación sobre indicadores biológicos y la segunda discute indicadores naturales específicos para cada tipo de manejo forestal.

4.1. Tendencias en investigación en indicadores biológicos

En las áreas de bosque tropical, el desarrollo de indicadores biológicos está significativamente asociado con el tipo de manejo. La tendencia observada en el porcentaje de estudios realizados en áreas naturales, es decir, 50% relacionados con tala selectiva, 44% con productos forestales no maderables, y 6% en su conjunto (**Figura 1**), sugiere que la preservación de las reservas forestales es una prioridad. Esta preferencia es consistente con la necesidad crucial de conservar la composición e integridad de estos espacios biológicos para mantener los servicios ecosistémicos. Por ejemplo, los niveles de secuestro de carbono y protección del suelo dependen de la dinámica forestal y de su biodiversidad intrínseca (Haines-Young & Potschin, 2010; Vilanova-Torre et al., 2010). Por lo tanto, las acciones antropogénicas, como la tala y la extracción de NTFPs, deberían limitarse a niveles adecuados de manejo. Sin embargo, la sostenibilidad de las áreas forestales naturales también depende de sistemas adecuados de uso de la tierra, particularmente de los enfoques basados en AFSs y SA. Aunque estos sistemas se encuentran fuera de las reservas forestales, mantienen interacciones mutualistas y generalistas entre plantas y animales (Steffan-Dewenter et al., 2007). Por ejemplo, el movimiento, a menudo migratorio, de diferentes taxones de animales entre áreas forestales distantes es facilitado por los AFSs, los cuales actúan como corredores que promueven la dispersión de semillas y el intercambio de fauna a escalas locales y regionales (Lozada et al., 2007). Debido a que la pérdida de estos conectores naturales tiene efectos significativos sobre la regeneración de numerosas especies vegetales, la protección de los bosques naturales depende también, en parte, del uso sostenible de los AFSs y SA. Finalmente, los nuevos bosques plantados también deberían ser considerados dentro de la preservación integral del paisaje tropical. Aunque este aspecto podría no parecer esencial (**Figura 1**), dado que estos sistemas también rodean áreas forestales naturales, un manejo ineficiente podría amenazar las zonas adyacentes y promover la pérdida de especies y servicios ecosistémicos.

El tipo de manejo forestal desempeña un papel importante en la fluctuación y tendencia proporcional de los indicadores a través de diferentes escalas ecológicas o jerarquías ambientales. El mayor número de estudios relacionados con indicadores biológicos se enfoca en áreas sometidas a tala selectiva (**Figura 1**), categoría que incluye indicadores a nivel de comunidad y población, por ejemplo, riqueza de murciélagos (Medellín et al., 2000) y diversidad de plantas y animales (Haddad et al., 2001). Esta relación muestra un interés central en los efectos de la extracción selectiva sobre la estructura forestal y la composición de poblaciones animales y vegetales (**Figura 2**), así como en cómo estos cambios conducen a diferentes dinámicas y paisajes forestales tanto a corto como a largo plazo (Cadotte et al., 2011). Además, la fuerte conexión entre tala selectiva y el nivel comunitario (**Figura 3**), puede deberse al elevado número de taxa presentes en los trópicos, lo que dificulta el monitoreo de especies individuales (Ji et al., 2013).

Por el contrario, en los enfoques basados en AFSs y SA, la tendencia de los componentes jerárquicos del sistema se inclina hacia el nivel ecosistémico (**Figura 1**). En comparación con los bosques naturales, el cambio en los componentes de estos sistemas de uso de la tierra sugiere que la principal preocupación se relaciona más con los servicios ecosistémicos que con la conservación de especies. En consecuencia, se encontró una relación significativa entre estos agro sistemas y la calidad del suelo (**Figura 3**). El mismo patrón aplica para los bosques plantados, cuya relación se enfoca principalmente en propiedades físicas y químicas del suelo. Otro aspecto interesante de este análisis es la alta relevancia del componente social en el manejo forestal tropical. Los indicadores asociados a este nivel están presentes en todos los tipos de manejo (**Figura 1**), aparentemente con igual importancia (**Figura 2**) (**Figura 3**), lo que sugiere que, independientemente del sistema de manejo, el componente social es fundamental dentro del contexto de sostenibilidad forestal.

4.2. Indicadores biológicos relevantes para la gestión forestal sostenible

En el contexto del manejo forestal sostenible en regiones tropicales, los indicadores biológicos representan herramientas fundamentales para evaluar los efectos de las distintas prácticas de manejo sobre la biodiversidad, la calidad del suelo y los servicios ecosistémicos. La diversidad de sistemas de uso de la tierra presentes en los trópicos, incluyendo tala selectiva, productos forestales no maderables, sistemas agroforestales, agricultura itinerante y plantaciones forestales, requiere indicadores ajustados a las características ecológicas y funcionales de cada modelo de manejo. En este sentido, la literatura revisada muestra que ciertos grupos biológicos y variables ambientales presentan una relación más estrecha con tipos específicos de manejo, lo que resalta la importancia de seleccionar indicadores adecuados para mejorar el monitoreo y la sostenibilidad de los paisajes forestales tropicales.

4.2.1. Indicadores basados en gestión de bosques naturales

Durante décadas, los parques nacionales, reservas forestales y otras áreas naturales han sido esenciales para la conservación de la biodiversidad. Las evaluaciones forestales estiman una cobertura mundial de bosques naturales de aproximadamente 3.7 mil millones de hectáreas, donde los bosques tropicales representan cerca del 50% de las áreas no perturbadas (FAO, 2015; Siry et al., 2005). Sin embargo, existe evidencia de que acciones de manejo han ocurrido durante siglos (Willis et al., 2004); por lo tanto, la estructura y composición forestal actual podrían reflejar prácticas de manejo pasadas (Bhagwat et al., 2008). En los bosques tropicales naturales, dos de las principales actividades forestales practicadas durante décadas son la tala selectiva (Johns et al., 1996; Haworth, 1999; Putz et al. (2001) y los NTFPs (Hiremath, 2004; Belcher et al., 2005; Mukul et al., 2010), las cuales se discuten a continuación.

4.2.2. Tala selectiva

La tala selectiva es una de las prácticas silviculturales más tradicionales en los bosques naturales y es reconocida como un tratamiento forestal (Hu et al., 2018). Aunque fue

diseñada para abarcar los objetivos globales del SFM (Leroux et al., 2010), frecuentemente ha sido utilizada para extracción comercial de madera en bosques tropicales y templados (Edwards et al., 2014; Putz et al., 2001). El desequilibrio poblacional provocado por formas tradicionales de tala ha generado diversos efectos sobre la estructura y dinámica forestal (Fischer et al., 2016), afectando tanto la riqueza como la abundancia de especies en estas áreas (Putz et al., 2001). Dado que las relaciones entre las poblaciones arbóreas y otros organismos terrestres del bosque dependen unas de otras, el efecto de la deforestación puede percibirse principalmente a nivel comunitario más que a nivel de especie o genética (**Figura 1**).

Las comunidades de insectos, murciélagos y aves son posiblemente los indicadores más apropiados para actividades de tala debido a su susceptibilidad a cambios en el hábitat. Por ejemplo, estudios sobre la diversidad de escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en bosques de Guyana y Costa Rica indican alta sensibilidad frente a disturbios ambientales (Aguilar-Amuchastegui & Henebry 2007; Bicknell et al., 2014). De manera similar, insectos de las familias Sciaridae y Muscidae reflejan cambios locales en bosques de Malasia y Borneo (Edwards et al., 2012; Akutsu et al., 2007). Asimismo, las comunidades de murciélagos y aves fluctúan en estructura y composición debido a prácticas de tala (Clarke et al., 2005; Henry et al., 2010; Bicknell et al., 2015). Estos estudios sugieren que la riqueza taxonómica y la diversidad constituyen buenos proxies para eventos de tala. Sin embargo, aunque estos grupos representan indicadores adecuados de disturbio, información importante como la cantidad de madera extraída, diámetro mínimo a la altura del pecho (dbh), puntos de corte y especies cosechadas suele estar ausente o parcialmente reportada. Esto deja vacíos importantes de conocimiento para los administradores forestales.

La biodiversidad a nivel de especie es otro componente que ha recibido considerable atención, aunque presenta ambigüedades respecto a su sensibilidad frente a la tala selectiva. Los indicadores a nivel de especie son reconocidos como organismos clave cuyas características funcionan como proxies de otras especies o condiciones ambientales, reflejando cambios en el ecosistema, particularmente relacionados con disturbios (Landres et al., 1988; Lindenmayer et al., 2001). Por ejemplo, la presencia de *Cecropia sciadophylla* Mart. indica perturbación forestal (Valencia et al., 2004), permitiendo distinguir visualmente áreas neotropicales en recuperación. Sin embargo, existen varias críticas respecto al uso de estos indicadores, especialmente debido a inconsistencias ecológicas y respuestas específicas según localidad o contexto ambiental. En consecuencia, la presencia de organismos a nivel de especie parece representar un proxy limitado para evaluar sostenibilidad.

Los indicadores genéticos asociados a tala selectiva también presentan incertidumbre, ya que generalmente se enfocan en especies individuales con respuestas poco claras. Por ejemplo, la reducción de árboles reproductivos de *Ocotea catharinensis* Metz. en la Amazonía brasileña generó un incremento en la agregación espacial y disminución de

heterogeneidad genética (Montagna et al., 2018; Saiter & Thomas, 2014). Sin embargo, estos efectos no son universales entre especies. Algunas especies mantienen flujo génico adecuado incluso después de disturbios por tala, lo que reduce la efectividad de los indicadores genéticos en ecosistemas hiper diversos.

4.2.3. *Productos no maderables*

Además de la madera, el aprovechamiento de los recursos forestales incluye Productos Forestales No Maderables (NTFPs), una práctica ampliamente extendida y común en las regiones tropicales del mundo (Bawa et al., 2007). Esta actividad generalmente implica la extracción de partes vegetales, como flores, frutos, semillas, hojas y corteza (Avocèvou-Ayisso et al., 2009; Ticktin, 2004), así como productos faunísticos provenientes de insectos, aves y sus huevos, además de algunos mamíferos silvestres y peces (Beer & McDermott, 1989). Actualmente, los NTFPs se han vuelto cada vez más importantes para los medios de vida rurales, los ingresos familiares y la economía local (Shackleton et al., 2011), y hoy forman parte de las evaluaciones forestales regulares realizadas por FAO (2018b).

Durante las últimas décadas, se ha considerado que los NTFPs generan impactos ecológicos menores que la tala selectiva (Oyama Homma, 1992; Arnold & Pérez, 2001). Sin embargo, a medida que aumenta el interés por los atributos y usos de estos productos, la percepción sobre el incremento en la intensidad y escala de extracción de recursos naturales ha generado preocupaciones importantes sobre sus posibles impactos negativos en la sostenibilidad forestal y en la capacidad de los bosques para proveer los servicios ecosistémicos requeridos (Ticktin, 2004). Las tendencias de investigación muestran que la presencia de mamíferos y el componente social son los indicadores más comúnmente asociados con los NTFPs, mientras que se ha dado menor relevancia a otros organismos, como las plantas.

La presencia de especies de mamíferos también constituye un indicador útil y puede revelar niveles adecuados de extracción de NTFPs en los bosques. En este sentido, una de las actividades más comunes asociadas con NTFPs es la recolección de partes vegetales, por ejemplo, frutos y semillas (Avocèvou-Ayisso et al., 2009; Clay, 1997). Esta práctica representa una competencia directa por alimento entre humanos y animales (Boot & Gullison, 1995). Por ejemplo, la extracción de estructuras reproductivas de *Mauritia flexuosa* L. (Arecaceae) en la Amazonía afecta las fuentes de alimento de *Tayassu peccary* y *Tapirus terrestris* (Acevedo-Quintero & Zamora-Abrego, 2016), y es probable que la presencia de estos mamíferos sugiera una disponibilidad favorable de recursos alimenticios. Sin embargo, la relación entre estos mamíferos y los taxones vegetales aún necesita ser cuantificada. Por lo tanto, existe un vacío crítico de conocimiento que requiere investigación.

Un problema adicional con el uso de mamíferos como indicadores es que sus poblaciones están disminuyendo debido a la caza intensiva. Según Shaffer et al. (2017) la sostenibilidad de las comunidades indígenas en los bosques de Guyana depende, entre

otros recursos, de la caza. Sin embargo, la proporción de caza de *T. terrestris* es seis veces mayor que la tasa reproductiva sostenible, es decir, 24 individuos por persona por año en los bosques de Guyana (Shaffer et al., 2018). Por lo tanto, esta especie se encuentra amenazada y eventualmente podría desaparecer, junto con su potencial como sistema de monitoreo para la recolección de frutos y semillas.

Otro aspecto relevante en el avance de la investigación sobre NTFPs es que la respuesta individual de las plantas tiene consecuencias diversas entre diferentes taxones. De acuerdo con Arnold & Pérez (2001) algunas especies están mejor adaptadas y son más resilientes, por lo que pueden tolerar la extracción constante, particularmente aquellas con ciclos de vida cortos, rápido crecimiento y abundante regeneración (Cunningham & Mbenkum, 1993). En contraste, otras especies arbóreas pueden presentar efectos adversos, como la presencia de patógenos fúngicos (Paoli et al., 2001). En consecuencia, definir una única respuesta como indicador estándar a nivel de especie no es efectivo ni representa el mejor método de evaluación.

De manera similar, los efectos genéticos de las prácticas de extracción de NTFPs son altamente heterogéneos. Es bien conocido que los disturbios alteran la composición genética y la estructura de las poblaciones forestales (Oostermeijer et al., 2003). La extracción de partes vegetales, en particular estructuras reproductivas, sugiere que esta actividad reduce el tamaño efectivo de la población, el éxito reproductivo y, en última instancia, la viabilidad de los individuos (Gaoue et al., 2011). Por ejemplo, la extracción de corteza y follaje de la caoba africana (*Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss.) reduce su población, especialmente en zonas más secas (Gaoue & Ticking, 2010). Sin embargo, diferentes respuestas observadas en la misma especie sugieren que la extracción a largo plazo de corteza y follaje no afecta la diversidad genética de la población (Gaoue et al., 2014), lo que deja al componente genético como un indicador ambiguo en este tipo de manejo forestal.

4.3. Indicadores basados en sistemas agroforestales y de agricultura itinerante

Los Sistemas Agroforestales (AFSs) y los métodos de agricultura migratoria (SA) son dos de los agrosistemas tropicales más importantes. Los primeros se refieren al uso deliberado de árboles junto con diversos cultivos (Ashley et al., 2006), y han sido considerados una práctica importante para aliviar la presión antropogénica sobre áreas de bosque prístino. Esto se debe a que ofrecen diversas ventajas, como la conservación de la biodiversidad, el mejoramiento de los servicios ecosistémicos y la conectividad con áreas protegidas (Schroth et al., 2004; Bhagwat et al., 2008; DeClerck et al., 2010).

Por otro lado, SA se refiere al uso temporal de áreas forestales (Cairns, 2015); es decir, un sistema de rotación temporal que utiliza períodos de barbecho como estrategia para recuperar la fertilidad del suelo. Aunque este enfoque tiene dos percepciones contradictorias como una de las principales causas de degradación de tierras forestales (Cairns, 2015; Lawrence, 2005; Myers, 1993), y como una alternativa potencial frente a la agricultura tradicional de mayor impacto ambiental (Siebert & Belsky, 2014), su

práctica es común en todo el trópico y, por lo tanto, representa un modelo importante de uso de la tierra forestal. De acuerdo con nuestro análisis, las tendencias de los indicadores biológicos muestran una estrecha relación con la calidad del suelo, particularmente con las propiedades físicas y químicas en SA, y con la macrofauna y microfauna del suelo en AFSs (**Figura 3**).

Entre las diferentes características de AFSs y SA, la sostenibilidad de estos agrosistemas apunta principalmente hacia la calidad y capacidad del suelo, junto con los servicios ecosistémicos asociados. En el caso de AFSs, los principales indicadores de sostenibilidad se relacionan con la macrofauna y microfauna del suelo y su capacidad para contribuir al rendimiento productivo y al secuestro de carbono. Por ejemplo, el rendimiento del cacao se ha correlacionado positivamente con mayores niveles de macrofauna del suelo en Malasia (Vanhove et al., 2016). De manera similar, el incremento de nematodos bacterívoros en AFSs en México se ha asociado con valores más altos de materia orgánica del suelo y, por lo tanto, con una mayor eficiencia en el secuestro de carbono (Diemont & Martin 2005).

Aunque estos indicadores son relevantes para AFSs, aún existe la necesidad de llenar vacíos de conocimiento sobre la relación entre las características del suelo y otros aspectos estructurales, por ejemplo, la estructura, función y diversidad de las plantas. De hecho, entre los ejemplos encontrados en esta revisión, solo un estudio indica que una cobertura arbórea de 40% podría ser adecuada para preservar la calidad del suelo (de Jesús-Crespo et al., 2016), pero sin indicar cuáles especies arbóreas específicas son más apropiadas.

Por otro lado, los principales indicadores de sostenibilidad en métodos de SA se encontraron en las propiedades físicas y químicas del suelo. Esta relación sugiere que la sostenibilidad de este agrosistema depende de períodos adecuados de barbecho para evitar la degradación del suelo. Por ejemplo, un período mínimo de cuatro años de barbecho parece adecuado para mantener el equilibrio de los agregados del suelo en sistemas de SA en Nigeria (Adeyolanu et al., 2013). De manera similar, el carbono orgánico, el pH, el P y el espesor del horizonte del suelo representan elementos óptimos para detectar degradación del suelo en regiones tropicales de México (Bautista-Cruz et al., 2012). Por lo tanto, el monitoreo de la macrofauna y microfauna del suelo en AFSs, junto con las propiedades físicas y químicas del suelo en sistemas de SA, representa un enfoque más adecuado para evaluar el SFM.

4.4. Indicadores basados en gestión de plantaciones forestales

Las plantaciones tropicales, según la definición de FAO (2018a) representan todos los rodales forestales establecidos artificialmente. Históricamente, las principales áreas de árboles plantados se han localizado en las regiones más septentrionales y meridionales del planeta. Sin embargo, las plantaciones forestales tropicales se han vuelto cada vez más populares durante las últimas décadas debido principalmente a dos razones fundamentales. En primer lugar, la creciente dependencia humana de suministros de

madera y alimentos (Günther et al., 2011; Adams & Castaño, 2000), y en segundo lugar, las características de rápido crecimiento de muchas especies arbóreas tropicales (Onyekwelu et al., 2011), lo que asegura retornos económicos rápidos.

Como consecuencia de estos cambios, la superficie total de plantaciones forestales tropicales aumentó de 6.7 millones de hectáreas en 1965 a 109 millones de hectáreas en 2015 (FAO, 2015), con el consecuente detrimento de las áreas forestales naturales. Los argumentos a favor y en contra de la modificación de la estructura del paisaje tropical son previsiblemente frecuentes. No puede ignorarse el hecho de que las plantaciones forestales tropicales proporcionan bienes y servicios importantes para los medios de vida humanos, por ejemplo, madera, alimentos, madera y otros productos arbóreos (ITTO 2016; Evans & Turnbull, 2004). Asimismo, los principios del manejo forestal sostenible, es decir, una silvicultura apropiada y el uso selectivo de especies, deben mantenerse dentro de este contexto con el fin de frenar la degradación ambiental. Por lo tanto, los Criterios e Indicadores (C&I) también son aplicables en este ámbito. Esta revisión indica que las tendencias de investigación apuntan hacia las propiedades físicas y químicas del suelo, más que hacia otros aspectos, como la genética, como los indicadores más relevantes para evaluar la sostenibilidad de las plantaciones forestales tropicales.

La calidad del suelo constituye una variable esencial en las plantaciones forestales tropicales, las cuales están dominadas principalmente por especies de *Eucalyptus* Tax Auth. (aprox. 10 especies) y *Pinus* TA (aprox. 7 especies), que representan más del 50% de la superficie cultivada (Carle et al., 2002). Otras especies relevantes incluyen *Acacia* TA (aprox. 5 especies), *Tectona grandis* L. y *Gmelina arborea* Roxb. Ex Sm. (Evans & Turnbull, 2004; Simons & Leakey, 2004). Aunque la principal preocupación en las plantaciones forestales es mantener una producción constante de madera, también se requieren condiciones ambientales óptimas para asegurar un rendimiento adecuado y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos.

Por ejemplo, en plantaciones de *Eucalyptus* en Brasil y Venezuela se encontró una correlación positiva entre el crecimiento del rodal y el Carbono Orgánico del Suelo (SOC) (Vergutz et al., 2010; Hernández-Hernández et al., 2008). Una relación similar fue observada en el Congo, junto con la biomasa microbiana del suelo (Laclau et al., 2010; Silva et al., 2016). Por lo tanto, la evaluación del carbono orgánico del suelo y de la biomasa microbiana constituye parte de los indicadores relevantes para determinar la calidad del suelo. Por otro lado, parámetros bajos de calidad del suelo podrían impulsar a los administradores a establecer nuevas plantaciones forestales en áreas naturales, promoviendo así procesos de desertificación. En consecuencia, mantener plantaciones forestales sostenibles representa una medida de protección indirecta para las áreas naturales.

Aunque la tendencia de los estudios revela una estrecha relación entre sostenibilidad y plantaciones forestales, existen otros elementos de importancia, por ejemplo, la variación genética intraespecífica dentro de cada especie arbórea. Libby et al. (2003) mencionó que

la principal preocupación en las plantaciones forestales tropicales es la uniformidad genética asociada con especies no exóticas, debido al número restringido de individuos parentales en los bosques tropicales. La variabilidad genética o heterocigosidad (Finkeldey & Hattermer, 2007), asociada con el material reproductivo constituye un aspecto clave para el éxito del establecimiento de plantaciones, ya que permite el desarrollo de procesos ecológicos importantes, como el desarrollo floral, la reproducción y la capacidad de responder a los efectos del cambio climático.

A pesar de la relevancia de este tema en las plantaciones tropicales, la información disponible sigue siendo limitada. Aún existe un gran vacío de conocimiento relacionado con la variabilidad genética como uno de los principales indicadores de sostenibilidad en bosques tropicales plantados.

5. Conclusión

- La extensa literatura sobre indicadores biológicos revela una preocupación persistente por la pérdida de los recursos forestales. Específicamente, la tendencia en conservación de la biodiversidad enfocada en reservas forestales y áreas santuario ha generado resultados negativos en la preservación de los bosques tropicales naturales, reduciendo así la superficie del paisaje forestal. El manejo de los bosques tropicales involucra diversas formas de actividades silviculturales y, en esta revisión, se destacan cinco tipos principales: tala selectiva, Productos Forestales No Maderables (NTFPs), Sistemas Agroforestales (AFSs), Agricultura Migratoria (SA) y Bosques Plantados (PF), así como el estado de los indicadores biológicos asociados a cada uno de ellos. Por lo tanto, podría recomendarse que los responsables de la formulación de políticas desarrollen alternativas de monitoreo de los paisajes tropicales que incluyan no solo áreas naturales, sino también sistemas agrícolas y otros tipos de uso de la tierra. En términos generales, mantener condiciones óptimas de calidad del suelo es fundamental para sostener rendimientos agrícolas sostenibles y servicios ecosistémicos en AFSs, SA y bosques plantados. De manera similar, la riqueza taxonómica, la presencia y las características estructurales de aves, murciélagos y mamíferos continúan siendo indicadores relevantes para evaluar actividades de tala selectiva y NTFPs. La aplicabilidad de valores umbral en actividades forestales podría generar respuestas significativas sobre sostenibilidad y, en consecuencia, contribuir a la preservación de áreas forestales naturales y de los servicios ecosistémicos asociados en ecosistemas tropicales.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias Bibliográficas

- Acevedo-Quintero, J. F., & Zamora-Abrego, J. G. (2016). Papel de los mamíferos en los procesos de dispersión y depredación de semillas de *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) en la Amazonia colombiana. *Revista de Biología Tropical*, 64(1), 5-15. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v64n1/0034-7744-rbt-64-01-00005.pdf>
- Adams, M., & Castaño, J. (2000). *World timber supply and demand scenario, government interventions, issues and problems* [FAO, Proceedings of the International Conference on Timber Plantation Development, Philippines, pp. 7-9]. <https://www.fao.org/4/ac781e/AC781E03.htm>
- Adeyolanu, O. D., Are, K. S., Oluwatosin, G. A., Ayoola, O. T., & Adelana, A. O. (2013). Evaluation of two methods of soil quality assessment as influenced by slash and burn in tropical rainforest ecology of Nigeria. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59(12), 1725-1742. <https://doi.org/10.1080/03650340.2012.760037>
- Aguilar-Amuchastegui, N., & Henebry, G. M. (2006). Monitoring sustainability in tropical forests: How changes in canopy spatial pattern can indicate forest stands for biodiversity surveys. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 3(3), 329-333. <https://digitalcommons.unl.edu/natrespapers/152/>
- Aguilar-Amuchastegui, N., & Henebry, G. (2007). Assessing sustainability indicators for tropical forests: spatio-temporal heterogeneity, logging intensity, and dung beetle communities. *Forest Ecology and Management*, 253, 56-67. <https://www.semanticscholar.org/paper/Assessing-sustainability-indicators-for-tropical-Aguilar-Amuchastegui-Henebry/51a9ee426582b28d528f9ae27e97370b99f0968a>
- Aguilar-Amuchastegui, N., & Henebry, G. M. (2008). Characterizing tropical forest spatio-temporal heterogeneity using the Wide Dynamic Range Vegetation Index (WDRVI). *International Journal of Remote Sensing*, 29(24), 7285-7291. https://www.researchgate.net/profile/Naikoa-Aguilar-Amuchastegui/publication/260546699_Characterizing_tropical_forest_spatio-temporal_heterogeneity_using_the_Wide_Dynamic_Range_Vegetation_Index_WDRVI/links/54eb38e80cf25ba91c864aa8/Characterizing-tropical-forest-spatio-temporal-heterogeneity-using-the-Wide-Dynamic-Range-Vegetation-Index-WDRVI.pdf
- Akutsu, K., Khen, C. V., & Toda, M. J. (2007). Assessment of higher insect taxa as bioindicators for different logging-disturbance regimes in lowland tropical rain forest in Sabah, Malaysia. *Ecological Research*, 22, 542-550. <https://doi.org/10.1007/s11284-006-0052-6>
- Alam, M., Furukawa, Y., & Harada, K. (2010). Agroforestry as a sustainable land use option in degraded tropical forests: a study from Bangladesh. *Environment, Development and Sustainability*, 12, 147-158. <https://www.semanticscholar.org/paper/Agroforestry-as-a-sustainable-landuse-option-in-a-Alam-Furukawa/1a0d5d488273c6b9c3257b85ff06504d50f3b9d9>
- Allebone-Webb, S. M., Kümpel, N. F., Rist, J., Cowlshaw, G., Rowcliffe, J. M., & Milner-Gulland, E.J. (2011). Use of market data to assess bushmeat hunting sustainability in Equatorial Guinea. *Conservation Biology: The Journal of the*

- Society for Conservation Biology*, 25(3), 597–606.
<https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2011.01681.x>
- Arnold, J. E. M., & Pérez, M. R. (2001). Can non-timber forest products match tropical forest conservation and development objectives? *Ecological Economics: The Journal of the International Society for Ecological Economics*, 39(3), 437–447.
[https://doi.org/10.1016/s0921-8009\(01\)00236-1](https://doi.org/10.1016/s0921-8009(01)00236-1)
- Ashley, R., Russell, D., & Swallow, B. (2006). The policy terrain in protected area landscapes: challenges for agroforestry in integrated landscape conservation. *Biodiversity and Conservation*, 15(2), 663–689.
<https://doi.org/10.1007/s10531-005-2100-x>
- Avocèvou-Ayisso, C., Sinsin, B., Adégbidi, A., Dossou, G., & van Damme, P. (2009). Sustainable use of non-timber forest products: impact of fruit harvesting on *Pentadesma butyracea* regeneration and financial analysis of its products trade in Benin. *Forest Ecology and Management*, 257(9), 1930–1938.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.01.043>
- Balota, E. L., Yada, I. F., Amaral, H., Nakatani, A. S., Dick, R. P., & Coyne, M. S. (2014). Long-term land use influences soil microbial biomass P and S, phosphatase and arylsulfatase activities, and S mineralization in a Brazilian oxisol. *Land Degradation & Development*, 25(4), 397–406.
<https://doi.org/10.1002/ldr.2242>
- Bautista-Cruz, A., del Castillo, R. F., Etchevers-Barra, J. D., del Carmen Gutiérrez-Castorena, M., & Baez, A. (2012). Selection and interpretation of soil quality indicators for forest recovery after clearing of a tropical montane cloud forest in Mexico. *Forest Ecology and Management*, 277, 74–80.
https://www.researchgate.net/publication/235949394_Selection_and_interpretation_of_soil_quality_indicators_for_forest_recovery_after_clearing_of_a_tropical_montane_cloud_forest_in_Mexico
- Bautista, F., Castelazo, D., & García-Robles, M. (2009). Changes in soil macrofauna in agroecosystems derived from low deciduous tropical forest on leptosols from karstic zones. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(2), 185–197.
<https://www.redalyc.org/pdf/939/93912989007.pdf>
- Bawa, K.S., Joseph, G., & Setty, S. (2007). Poverty, biodiversity and institutions in forest-agriculture ecotones in the Western Ghats and Eastern Himalaya ranges of India. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 121(3), 287–295.
https://www.researchgate.net/publication/222818528_Poverty_biodiversity_and_institutions_in_forest-agriculture_ecotones_in_the_Western_Ghats_and_Eastern_Himalaya_ranges_of_India
- Beaulieu, F., & Weeks, A. R. (2007). Free-living mesostigmatic mites in Australia: their roles in biological control and bioindication. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47, 460–478. <https://www.semanticscholar.org/paper/Free-living-mesostigmatic-mites-in-Australia%3A-their-Beaulieu-Weeks/432848a1781191fc17004370ff226cf754a142ae>
- Belcher, B., Ruíz-Pérez, M., & Achdiawan, R. (2005). Global patterns and trends in the use and management of commercial NTFPs: implications for livelihoods and

- conservation. *World Development*, 33(9), 1435–1452.
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.10.007>
- Bhagawati, K., Bhagawati, G., Das, R., Bhagawati, R., & Ngachanngachan, S. V. (2015). The structure of Jhum (Traditional Shifting Cultivation System): prospect or threat to climate. *International Letters of Natural Sciences*, 46, 16–30.
https://www.researchgate.net/publication/282430649_The_Structure_of_Jhum_Traditional_Shifting_Cultivation_System_Prospect_or_Threat_to_Climate
- Bhagwat, S. A., Willis, K. J., Birks, H. J. B., & Whittaker, R. J. (2008). Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? *Trends in Ecology & Evolution*, 23(5), 261–267.
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.01.005>
- Bhattacharjya, S., Bhaduri, D., Chauhan, S., Chandra, R., Raverkar, K. P., & Pareek, N. (2017). Comparative evaluation of three contrasting land use systems for soil carbon, microbial and biochemical indicators in North-Western Himalaya. *Ecological Engineering*, 103, 21–30.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.03.001>
- Bhowmik, A., Fortuna, A. M., Cihacek, L. J., Bary, A. I., & Cogger, C. G. (2016). Use of biological indicators of soil health to estimate reactive nitrogen dynamics in long-term organic vegetable and pasture systems. *Soil Biology & Biochemistry*, 103, 308–319. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.09.004>
- Bicknell, J. E., Phelps, S. P., Davies, R. G., Mann, D. J., Struebig, M. J., & Davies, Z. G. (2014). Dung beetles as indicators for rapid impact assessments: evaluating best practice forestry in the neotropics. *Ecological Indicators*, 43, 154–161.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.02.030>
- Bicknell, J. E., Struebig, M. J., Davies, Z. G., & Baraloto, C. (2015). Reconciling timber extraction with biodiversity conservation in tropical forests using reduced-impact logging. *The Journal of Applied Ecology*, 52(2), 379–388.
<https://doi.org/10.1111/1365-2664.12391>
- Bobo, K. S., Waltert, M., Fermon, H., Njokagbor, J., & Mühlenberg, M. (2006). From forest to farmland: Butterfly diversity and habitat associations along a gradient of forest conversion in southwestern Cameroon. *Journal of Insect Conservation*, 10(1), 29–42. <https://doi.org/10.1007/s10841-005-8564-x>
- Bonilla-Bedoya, S., López-Ulloa, M., Vanwalleghe, T., & Herrera-Machuca, M.Á. (2017). Effects of land use change on soil quality indicators in forest landscapes of the western amazon. *Soil Science*, 182(4), 128–136.
https://www.researchgate.net/publication/317548784_Effects_of_Land_Use_Change_on_Soil_Quality_Indicators_in_Forest_Landscapes_of_the_Western_Amazon
- Boot, R. G. A., & Gullison, R. E. (1995). Approaches to developing sustainable extraction systems for tropical forest products. *Ecological Applications*, 5(4), 896–903. <https://doi.org/10.2307/2269340>
- Brearely, F. Q., & Thomas, A. D. (2015). *Land-use change impacts on soil processes in tropical and savannah ecosystems: an introduction*. In Land-use change impacts on soil processes: tropical and savannah ecosystems (pp. 1–7). CABI.
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/9781780642109.0001>

- Brown, K., & Freitas, A. V. L. (2000). Atlantic Forest butterflies: indicators for landscape conservation. *Biotropica*, 32(4b), 934–956. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00631.x>
- Cadotte, M. W., Carscadden, K., & Mirotchnick, N. (2011). Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services: Functional diversity in ecology and conservation. *The Journal of Applied Ecology*, 48(5), 1079–1087. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02048.x>
- Cairns, M. F. (2015). *Shifting cultivation and environmental change. Indigenous people, agriculture and forest conservation*. Routledge. https://www.aciar.gov.au/sites/default/files/legacy/shifting_cultivation_and_environmental_change_-_preliminary_pages.pdf
- Carle, J., Vuorinen, P., & Del Lungo, A. (2002). Status and trends in global forest plantation development. *Forest Products Journal*, 52(7), 12-23. <https://www.fao.org/forestry-fao/25856-0c773a78823b8b936c7f6c323919bd706.pdf>
- Carlson, M.J., Mitchell, R., & Rodriguez, L. (2011). Scenario analysis to identify viable conservation strategies in Paraguay's imperiled Atlantic Forest. *Ecology and Society*, 16(3), 1-16. <https://www.jstor.org/stable/26268924?seq=1>
- Castañeda, F. (2000). *Criteria and indicators for sustainable forest management: international processes, current status and the way ahead*. FAO. <https://www.fao.org/4/x8080e/x8080e06.htm>
- Castro-Tanzi, S., Dietsch, T., Urena, N., Vindas, L., & Chandler, M. (2012). Analysis of management and site factors to improve the sustainability of smallholder coffee production in Tarrazú, Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 155, 172–181. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.04.013>
- Celentano, D., Sills, E., Sales, M., & Veríssimo, A. (2012). Welfare outcomes and the advance of the deforestation frontier in the Brazilian Amazon. *World Development*, 40(4), 850–864. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.09.002>
- Chevillotte, H., Meyer, J. Y., Mellado-Forichon, T., Florence, J., Emmanuelli, E., Auberton-Habert, É., Galzin, R., & Ferraris, J. (2014). Biodiversity assessment and monitoring in the island of Moorea, French Polynesia: a methodological approach applied to terrestrial and marine ecosystems. *Revue d'écologie*, 69(3), 267–284. <https://doi.org/10.3406/revec.2014.1751>
- Choi, H. C., & Sirakaya, E. (2006). Sustainability indicators for managing community tourism. *Tourism Management*, 27(6), 1274–1289. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2005.05.018>
- Cingolani, A. M., Vaieretti, M. V., Giorgis, M. A., La Torre, N., Whitworth Hulse, J. I., & Renison, D. (2013). *Can livestock and fires convert the sub-tropical mountain rangelands of central Argentina into a rocky desert?* FAO. <https://agris.fao.org/search/en/providers/124846/records/6705065cb1dfe472e144a1da>
- Clarke, F. M., Rostant, L. V., & Racey, P. A. (2005). Life after logging: post-logging recovery of a neotropical bat community. *The Journal of Applied Ecology*, 42(2), 409–420. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01024.x>
- Clay, J. W. (1997). *The impact of palm heart harvesting in the Amazon estuary*. In: Freese, C. H. (Ed), *Harvesting wild species: implications for biodiversity*

- conservation. John Hopkins University Press.
https://books.google.com.ec/books/about/Harvesting_Wild_Species.html?id=YUbwAAAAMAAJ&redir_esc=y
- Cole, L. E. S., Bhagwat, S. A., & Willis, K. J. (2015). Long-term disturbance dynamics and resilience of tropical peat swamp forests. *The Journal of Ecology*, 103(1), 16–30. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12329>
- Cosyns, H., Van Damme, P., & De Wulf, R. (2013). Who views what? Impact assessment through the eyes of farmers, development organization staff and researchers. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 20(4), 287–301. <https://doi.org/10.1080/13504509.2013.806372>
- Cotter, M., Berkhoff, K., Gibreel, T., Ghorbani, A., Golbon, R., Nuppenau, E.-A., & Sauerborn, J. (2014). Designing a sustainable land use scenario based on a combination of ecological assessments and economic optimization. *Ecological Indicators*, 36, 779–787. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.01.017>
- Cunningham, A. B., & Mbenkum, F. T. (1993). Sustainability of harvesting *Prunus africana* bark in Cameroon: a medicinal plant in international trade. People and Plants Working Paper. UNESCO.
https://books.google.com.ec/books/about/Sustainability_of_Harvesting_Prunus_Afri.html?id=jMQIAQAAMAAJ&redir_esc=y
- Sousa da Costa, A. L., & Ribeiro Reis, L. (2017). The contribution of the Triunfo do Xingu APA to land management in the Terra do Meio region, state of Pará. *Revista de Ciências Agrárias*, 60(1), 96-102.
<https://ajaes.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/2692>
- Damette, O., & Delacote, P. (2011). Unsustainable timber harvesting, deforestation and the role of certification. *Ecological Economics: The Journal of the International Society for Ecological Economics*, 70(6), 1211–1219.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.01.025>
- Daw, T., Brown, K., Rosendo, S., & Pomeroy, R. (2011). Applying the ecosystem services concept to poverty alleviation: the need to disaggregate human well-being. *Environmental Conservation*, 38(4), 370–379.
<https://doi.org/10.1017/s0376892911000506>
- Beer, J. H. de, & McDermott, M. J. (1989). *The economic value of non-timber forest products in Southeast Asia with emphasis on Indonesia, Malaysia and Thailand*. IUCN National Committee of The Netherlands.
<https://portals.iucn.org/library/node/6076>
- de Jesús-Crespo, R., Newsom, D., King, E. G., & Pringle, C. (2016). Shade tree cover criteria for non-point source pollution control in the Rainforest Alliance coffee certification program: a snapshot assessment of Costa Rica's Tarrazú coffee region. *Ecological Indicators*, 66, 47–54.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.025>
- DeClerck, F. A. J., Chazdon, R., Holl, K. D., Milder, J. C., Finegan, B., Martinez-Salinas, A., Imbach, P., Canet, L., & Ramos, Z. (2010). Biodiversity conservation in human-modified landscapes of Mesoamerica: past, present and future. *Biological Conservation*, 143(10), 2301–2313.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.03.026>

- Diemont, S. A. W., & Martin, J. F. (2005). Management impacts on the trophic diversity of nematode communities in an indigenous agroforestry system of Chiapas, Mexico. *Pedobiologia*, 49(4), 325–334. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2005.02.003>
- Duelli, P., & Obrist, M. K. (2003). Biodiversity indicators: the choice of values and measures. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 98(1–3), 87–98. [https://doi.org/10.1016/s0167-8809\(03\)00072-0](https://doi.org/10.1016/s0167-8809(03)00072-0)
- Duveiller, G., Defourny, P., Desclée, B., & Mayaux, P. (2008). Deforestation in Central Africa: estimates at regional, national and landscape levels by advanced processing of systematically-distributed Landsat extracts. *Remote Sensing of Environment*, 112(5), 1969–1981. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.07.026>
- Edwards, D. P., Tobias, J. A., Sheil, D., Meijaard, E., & Laurance, W. F. (2014). Maintaining ecosystem function and services in logged tropical forests. *Trends in Ecology & Evolution*, 29(9), 511–520. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2014.07.003>
- Edwards, D. P., Tobias, J. A., Sheil, D., Meijaard, E., & Laurance, W. F. (2014). Maintaining ecosystem function and services in logged tropical forests. *Trends in Ecology & Evolution*, 29(9), 511–520. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2014.07.003>
- Entenmann, S.K., Schmitt, C.B., & Konold, W. (2014). REDD+-related activities in Kenya: actors' views on biodiversity and monitoring in a broader policy context. *Biodiversity and Conservation*, 23(14), 3561–3586. <https://doi.org/10.1007/s10531-014-0821-4>
- Eriksson, I., Demel, T., & Granström, A. (2003). Response of plant communities to fire in an Acacia woodland and a dry Afromontane forest, southern Ethiopia. *Forest Ecology and Management*, 177(1–3), 39. [https://doi.org/10.1016/s0378-1127\(02\)00325-0](https://doi.org/10.1016/s0378-1127(02)00325-0)
- Eshun, J. F., Potting, J., & Leemans, R. (2010). Sustainability of forestry and timber industry in Ghana. *International Forestry Review*, 12(4), 383–395. <https://doi.org/10.1505/for.12.4.383>
- Eshun, J.F., Potting, J., Leemans, R. (2012). Wood waste minimization in the timber sector of Ghana: a systems approach to reduce environmental impact. *Journal of Cleaner Production*, 26(May), 67–78. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.12.025>
- Evans, J., & Turnbull, J.W. (2004). *Plantation forestry in the tropics*. Oxford University Press. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122535/records/65de09ed0f3e94b9e5c9c2fa>
- Felton, A., Wood, J., Felton, A. M., Hennessey, B., & Lindenmayer, D. B. (2008). Bird community responses to reduced-impact logging in a certified forestry concession in lowland Bolivia. *Biological Conservation*, 141(2), 545–555. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.11.009>
- Ferguson, B. G., Diemont, S. A. W., Alfaro-Arguello, R., Martin, J. F., Nahed-Toral, J., Álvarez-Solís, D., & Pinto-Ruiz, R. (2013). Sustainability of holistic and conventional cattle ranching in the seasonally dry tropics of Chiapas, Mexico. *Agricultural Systems*, 120, 38–48. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2013.05.005>

- Finkeldey, R., & Hattemer, H.H. (2007). *Tropical forest genetics*. Springer.
<https://tree.worldagroforestry.org/article?id=152>
- Fischer, R., Bohn, F., Dantas de Paula, M., Dislich, C., Groeneveld, J., Gutiérrez, A. G., Kazmierczak, M., Knapp, N., Lehmann, S., Paulick, S., Pütz, S., Rödig, E., Taubert, F., Köhler, P., & Huth, A. (2016). Lessons learned from applying a forest gap model to understand ecosystem and carbon dynamics of complex tropical forests. *Ecological Modelling*, 326, 124–133.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2015.11.018>
- Foerster, S., Wilkie, D. S., Morelli, G. A., Demmer, J., Starkey, M., Telfer, P., & Steil, M. (2011). Human livelihoods and protected areas in Gabon: a cross-sectional comparison of welfare and consumption patterns. *Oryx: The Journal of the Fauna Preservation Society*, 45(3), 347–356.
<https://doi.org/10.1017/s0030605310001791>
- Food and Agricultural Organization of the United Nations [FAO]. (2018a). *Sustainable forest management*. <http://www.fao.org/forestry/sfm/en/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2018b). *The State of the World's Forest: forest pathways to sustainable development*.
<https://openknowledge.fao.org/items/28896bfc-567c-4e4e-a1b2-d28e78867028>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2015). *Global Forest Resources Assessment 2015*. <https://www.fao.org/forest-resources-assessment/past-assessments/fra-2015/en/>
- Foody, G. M. (2003). Remote sensing of tropical forest environments: towards the monitoring of environmental resources for sustainable development. *International Journal of Remote Sensing*, 24(20), 4035–4046.
<https://doi.org/10.1080/0143116031000103853>
- Forrest, J. L., Sanderson, E. W., Wallace, R., Lazzo, T. M. S., Cerveró, L. H. G., & Coppolillo, P. (2008). Patterns of land cover change in and around Madidi National Park, Bolivia. *Biotropica*, 40(3), 285–294.
<https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2007.00382.x>
- Fortini, L. B., Cropper, W. P., Jr, & Zarin, D. J. (2015). Modeling the complex impacts of timber harvests to find optimal management regimes for Amazon tidal floodplain forests. *PloS One*, 10(8), e0136740.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136740>
- Gaoue, O. G., Lemes, M. R., Ticktin, T., Sinsin, B., & Eyog-Matig, O. (2014). Non-timber forest product harvest does not affect the genetic diversity of a tropical tree despite negative effects on population fitness. *Biotropica*, 46(6), 756–762.
<http://www.jstor.org/stable/44944801>
- Gaoue, O. G., Sack, L., & Ticktin, T. (2011). Human impacts on leaf economics in heterogeneous landscapes: the effect of harvesting non-timber forest products from African mahogany across habitats and climates: NTFP harvest and leaf economics. *The Journal of Applied Ecology*, 48(4), 844–852.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.01977.x>
- Gaoue, O. G., & Ticktin, T. (2010). Effects of harvest of nontimber forest products and ecological differences between sites on the demography of African mahogany. *Conservation Biology: The Journal of the Society for Conservation Biology*, 24(2), 605–614. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01345.x>

- García, C.A., & Lescuyer, G. (2008). Monitoring, indicators and community-based forest management in the tropics: pretexts or red herrings? *Biodiversity and Conservation*, 17(6), 1303-1317. <https://cgspace.cgiar.org/items/08322bec-8112-45cc-bc8a-69e8d95b6f3b>
- Gibson, J. (2018). Forest loss and economic inequality in the Solomon Islands: using small-area estimation to link environmental change to welfare outcomes. *Ecological Economics: The Journal of the International Society for Ecological Economics*, 148, 66–76. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.02.012>
- Gillison, A. N., Liswanti, N., Budidarsono, S., van Noordwijk, M., & Tomich, T. P. (2004). Impact of cropping methods on biodiversity in coffee agroecosystems in Sumatra, Indonesia. *Ecology and Society: a Journal of Integrative Science for Resilience and Sustainability*, 9(2). <https://doi.org/10.5751/es-00657-090207>
- Goehring, D. M., Daily, G. C., & Şekerçioğlu, Ç. H. (2002). Distribution of ground-dwelling arthropods in tropical countryside habitats. *Journal of Insect Conservation*, 6, 83-91. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1020905307244>
- González-Valdivia, N. A., Arriaga-Weiss, S. L., Ochoa-Gaona, S., Ferguson, B. G., Kampichler, C., & Pozo, C. (2012). Ensamblajes de aves diurnas a través de un gradiente de perturbación en un paisaje en el sureste de México. *Acta Zoológica Mexicana*, 28, 237-269. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372012000200001
- González-Astorga, J., & Castillo-Campos, G. (2004). Genetic variability of the narrow endemic tree *Antirhea aromatica* Castillo-Campos Lorence, (Rubiaceae, Guettardeae) in a tropical forest of Mexico. *Annals of Botany*, 93(5), 521–528. <https://doi.org/10.1093/aob/mch070>
- Günther, S., Weber, M., Stimm, B., & Mosandl, R. (2011). *Silviculture in the tropics*. Springer. <https://download.e-bookshelf.de/download/0000/1175/28/L-G-0000117528-0013213245.pdf>
- Libby, W. J., Stetter, R., & Seitz, F. W. (2003). Forest genetics and forest tree breeding. *Annual Review of Genetics*, 3(1), 469-494. https://www.researchgate.net/publication/234151245_Forest_Genetics_and_Forest-Tree_Breeding
- Haddad, N. M., Tilman, D., Haarstad, J., Ritchie, M., & Knops, J. M. (2001). Contrasting effects of plant richness and composition on insect communities: a field experiment. *The American Naturalist*, 158(1), 17–35. <https://doi.org/10.1086/320866>
- Haines-Young, R., & Potschin, M. (2010). The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. In *Cambridge University Press eBooks* (pp. 110–139). <https://doi.org/10.1017/cbo9780511750458.007>
- Hammond, D. S., & Zagt, R. J. (2006). Considering background condition effects in tailoring tropical forest management systems for sustainability. *Ecology and Society*, 11(1), 1-25. <http://fire-smart-landscapes.tropenbos.org/resources/publications/considering+background+condition+effects+in+tailoring+tropical+forest+management+systems+for+sustainability+>

- Han, X., Josse, C., Young, B. E., Smyth, R. L., Hamilton, H. H., & Bowles-Newark, N. (2017). Monitoring national conservation progress with indicators derived from global and national datasets. *Biological Conservation*. 213, 325-334. https://www.researchgate.net/publication/308013422_Monitoring_national_conservation_progress_with_indicators_derived_from_global_and_national_datasets
- Hartanto, H., Prabhu, R., Widayat, A.S., & Asdak, C. (2003). Factors affecting runoff and soil erosion: plot-level soil loss monitoring for assessing sustainability of forest management. *Forest Ecology and Management*. 180(1-3), 361-374. <https://cgspace.cgiar.org/items/9525a81f-a6c2-4ff0-90bf-c97a0c17551b>
- Hauser, S., Gang, E., Norgrove, L., & a Birang, M. (2005). Decomposition of plant material as an indicator of ecosystem disturbance in tropical land use systems. *Geoderma*, 129(1-2), 99-108. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.12.037>
- Haworth, J. (1999). *Life after logging: the impacts of commercial timber extraction in tropical rainforests a review carries out for the rainforest foundation UK, Rettet den Regenwald*. Friends of the Earth England and Wales. <https://eresources.nlb.gov.sg/linkeddata/primary-entity/work/9cc57c67-9b0e-4b1c-9305-718667b3b312>
- Henry, M., Cosson, J. F., & Pons, J. M. (2007). Abundance may be a misleading indicator of fragmentation-sensitivity: the case of fig-eating bats. *Biological Conservation*, 139(3-4), 462-467. <https://hal.science/hal-02660927/>
- Henry, M., Cosson, J. F., Pons, J. M. (2010). Modelling multi-scale spatial variation in species richness from abundance data in a complex neotropical bat assemblage. *Ecological Modelling*. 221(17), 2018-2027. https://www.researchgate.net/publication/223334943_Modelling_multi-scale_spatial_variation_in_species_richness_from_abundance_data_in_a_complex_Neotropical_bat_assemblage
- Hernández-Hernández, R. M., Ramírez, E., Castro, I., & Cano, S. (2008). Changes in quality indicators of hillside soils reforested with pines (*Pinus caribaea*) and eucalyptus (*Eucalyptus robusta*). *Agrociencia (Montecillo)*, 42(3), 253-266. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952008000300001&script=sci_abstract&tlng=en
- Hickey, G. M., & Innes, J. L. (2008). Indicators for demonstrating sustainable forest management in British Columbia, Canada: an international review. *Ecological Indicators*, 8(2), 131-140. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2008EcInd...8..131H/abstract>
- Hiremath, A.J. (2004). The ecological consequences of managing forests for non-timber products. *Conservation and Society*, 2, 211-216. https://www.researchgate.net/publication/281508459_The_ecological_consequences_of_managing_forests_for_non-timber_products
- Hitimana, J., Kiyapi, J., Njunge, J., & Bargerei, R. (2009). Disturbance indicators and population decline of logged species in Mt. Elgon Forest, Kenya. *African Journal of Ecology*, 48(3), 699-708. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.2009.01167.x>
- Holmes, T., Blate, G., Zweede, J., Pereira, R., Barreto, P., Boltz, F., & Bauch, R. (2001). Financial and ecological indicators of reduced impact logging performance in the eastern Amazon. *Forest Ecology and Management*, 163, 93-

110. <https://www.semanticscholar.org/paper/Financial-and-ecological-indicators-of-reduced-in-Holmes-Blate/7bd3d8974b60775c59d6775361910e096d0b1c2a>
- Oyama Homma, A.K. (1992). The dynamics of extraction in Amazonia: a historical perspective. *Advances in Economic Botany*. 9, 23-31. <https://www.jstor.org/stable/43931386>
- Hu, J., Herbohn, J. L., Chazdon, R. L., Baynes, J., Wills, J., Meadows, J., & Soheli, M. S. I. (2018). Recovery of species composition over 46 years in a logged Australian tropical forest following different intensity silvicultural treatments. *Forest Ecology and Management*, 409, 660-666. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.11.061>
- Huth, A., Drechsler, M., & Köhler, P. (2005). Using multicriteria decision analysis and a forest growth model to assess impacts of tree harvesting in Dipterocarp lowland rain forests. *Forest Ecology and Management*, 207(1–2), 215–232. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.10.028>
- Imai, N., Tanaka, A., Samejima, H., Sugau, J.B., Pereira, J.T., Titin, J., Kurniawan, J., & Kitayama, K. (2014). Tree community composition as an indicator in biodiversity monitoring of REDD+. *Forest Ecology and Management*, 313, 169-179. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.10.041>
- Iñiguez-Armijos, C., Leiva, A., Frede, H. G., Hampel, H., & Breuer, L. (2014). Deforestation and benthic indicators: how much vegetation cover is needed to sustain healthy Andean streams? *PLoS ONE*, 9(8), e105869. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105869>
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2014). *AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014* [The Synthesis Report (SYR) of the IPCC Fifth Assessment Report (AR5) provides an overview of the state of knowledge concerning the science of climate change, emphasizing new results since the publication of the IPCC Fourth Assessment Report (AR4) in 2007]. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- International Tropical Timber Organization [ITTO]. (1990). *ITTO Action plan: criteria and priority areas for program development and project work*. <https://www.cbd.int/forest/doc/itto-action-plan-en.pdf>
- International Tropical Timber Organization [ITTO]. (1992). *Criteria for the measurement of sustainable tropical forest management*. <https://www.cisfm.org/uploads/Documents/2012/Virtual%20Library/Policy%20Documents/ITTO%2C%201992.pdf>
- International Tropical Timber Organization [ITTO]. (2016). *Criteria and indicators for the sustainable management of tropical forests*. https://www.itto.int/sustainable_forest_management/criteria_indicators/
- Jakimow, B., Griffiths, P., van der Linden, S., & Hostert, P. (2018). Mapping pasture management in the Brazilian Amazon from dense Landsat time series. *Remote Sensing of Environment*, 205, 453–468. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.10.009>
- Jakovac, C. C., Bongers, F., Kuyper, T. W., Mesquita, R. C., & Peña-Claros, M. (2016). Land use as a filter for species composition in Amazonian secondary forests.

- Journal of Vegetation Science*, 27(6), 1104–1116.
<https://doi.org/10.1111/jvs.12457>
- Jezeer, R. E., Santos, M. J., Boot, R. G. A., Junginger, M., & Verweij, P. A. (2018). Effects of shade and input management on economic performance of small-scale Peruvian coffee systems. *Agricultural Systems*, 162, 179–190.
<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.01.014>
- Ji, Y., Ashton, L., Pedley, S. M., Edwards, D. P., Tang, Y., Nakamura, A., Kitching, R., Dolman, P. M., Woodcock, P., Edwards, F. A., Larsen, T. H., Hsu, W. W., Benedick, S., Hamer, K. C., Wilcove, D. S., Bruce, C., Wang, X., Levi, T., Lott, M., . . . Yu, D. W. (2013). Reliable, verifiable and efficient monitoring of biodiversity via metabarcoding. *Ecology Letters*, 16(10), 1245–1257.
<https://doi.org/10.1111/ele.12162>
- Johns, J. S., Barreto, P., & Uhl, C. (1996). Logging damage during planned and unplanned logging operations in the eastern Amazon. *Forest Ecology and Management*, 89(1–3), 59–77. [https://doi.org/10.1016/s0378-1127\(96\)03869-8](https://doi.org/10.1016/s0378-1127(96)03869-8)
- Jyoti, N. A., Lal, R., & Das, A. K. (2015). Ethnopedology and soil quality of bamboo (*Bambusa* sp.) based agroforestry system. *The Science of the Total Environment*, 521–522, 372–379. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.059>
- Karsenty, A., & Gourlet-Fleury, S. (2006). Assessing sustainability of logging practices in the Congo Basin's managed forests: the issue of commercial species recovery. *Ecology and Society*, 11(1), 1-14.
<http://www.jstor.org/stable/26267810>
- Kaschuk, G., Alberton, O., & Hungria, M. (2011). Quantifying effects of different agricultural land uses on soil microbial biomass and activity in Brazilian biomes: inferences to improve soil quality. *Plant and Soil*, 338(1-2), 467-481.
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2011PLSoi.338..467K/abstract>
- Kershaw, H.M., & Mallik, A.U. (2013). Predicting plant diversity response to disturbance: applicability of the intermediate disturbance hypothesis and mass ratio hypothesis. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 32, 383-395.
<https://www.semanticscholar.org/paper/Predicting-Plant-Diversity-Response-to-Disturbance%3A-Kershaw-Mallik/88a8aa6944bf9bcc3bf98749ce32754323f82128>
- Kotwal, P. C., Omprakash, M. D., Gairola, S., & Dugaya, D. (2008). Ecological indicators: Imperative to sustainable forest management. *Ecological Indicators*, 8(1), 104–107. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2007.01.004>
- Laclau, J. P., Ranger, J., Gonçalves, J. L. de M., Maquère, V., Krusche, A. V., M'Bou, A. T., Nouvellon, Y., Saint-André, L., Bouillet, J.-P., de Cassia Piccolo, M., & Deleporte, P. (2010). Biogeochemical cycles of nutrients in tropical Eucalyptus plantations: main features shown by intensive monitoring in Congo and Brazil. *Forest Ecology and Management*, 259(9), 1771–1785.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.06.010>
- Landres, P. B., Verner, J., & Thomas, J. W. (1988). Ecological uses of vertebrate indicator species: a critique. *Conservation Biology*, 2, 316-328.
<https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1988.tb00195.x>
- Laurance, W. F., Kakul, T., Tom, M., Wahya, R., & Laurance, S. G. (2012). Defeating the 'resource curse': Key priorities for conserving Papua New Guinea's native

- forests. *Biological Conservation*, 151(1), 35-40.
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2012BCons.151...35L/abstract>
- Lawrence, D. (2005). Biomass accumulation after 10–200 years of shifting cultivation in Bornean rain forest. *Ecology*, 86(1), 26–33.
<http://www.jstor.org/stable/3450984>
- Lemenih, M., Karlun, E., & Olsson, M. (2005). Assessing soil chemical and physical property responses to deforestation and subsequent cultivation in smallholders farming system in Ethiopia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 105(1–2), 373–386. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.01.046>
- Leroux, S. J., Krawchuk, M. A., Schmiegelow, F. K. A., Cumming, S. G., Lisgo, K., Anderson, L. G., & Petkova, M. (2010). Global protected areas and IUCN designations: Do the categories match the conditions? *Biological Conservation*, 143(3), 609–616. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2009.11.018>
- Levi, T., Shepard, G. H., Jr, Ohl-Schacherer, J., Wilmers, C. C., Peres, C. A., & Yu, D. W. (2011). Spatial tools for modeling the sustainability of subsistence hunting in tropical forests. *Ecological Applications*, 21(5), 1802–1818.
<https://doi.org/10.1890/10-0375.1>
- Lewis, O.T. (2001). Effect of experimental selective logging on tropical butterflies. *Conservation Biology*, 15, 389-400.
<https://www.semanticscholar.org/paper/Effect-of-Experimental-Selective-Logging-on-Lewis/0608b09fd870c921fc225468d4aa47f1be0add75>
- Lin, L., Cao, M., He, Y., Baskin, J. M., & Baskin, C. C. (2006). Nonconstituent species in soil seed banks as indicators of anthropogenic disturbance in forest fragments. *Canadian Journal of Forest Research*, 36(9), 2300–2316.
<https://doi.org/10.1139/x06-137>
- Lindell, L., Åström, M., & Öberg, T. (2010). Land-use versus natural controls on soil fertility in the Subandean Amazon, Peru. *The Science of the Total Environment*, 408(4), 965–975. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.10.039>
- Lindenmayer, D. B., Franklin, J. F., & Fischer, J. (2006). General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 131(3), 433–445.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.02.019>
- Lindenmayer, D. B., Margules, C. R., & Botkin, D. B. (2000). Indicators of biodiversity for ecologically sustainable forest management. *Conservation Biology: The Journal of the Society for Conservation Biology*, 14(4), 941–950.
<https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.98533.x>
- López-Sampson, A., Cernusak, L. A., & Page, T. (2017). Relationship between leaf functional traits and productivity in *Aquilaria crassna* (Thymelaeaceae) plantations: a tool to aid in the early selection of high-yielding trees. *Tree physiology*, 37(5), 645-653. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpx007>
- Lozada, T., De Koning, G.H.J., Marché, R., Klein, A.M., & Tschardtke, T. (2007). Tree recovery and seed dispersal by birds: comparing forest, agroforestry and abandoned agroforestry in coastal Ecuador. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 8, 131-140.
<https://redi.cedia.edu.ec/document/483087>

- Maes, J., Egoh, B., Willemsen, L., Liqueste, C., Vihervaara, P., Schägner, J. P., Grizzetti, B., Drakou, E. G., Notte, A. L., Zulian, G., Bouraoui, F., Luisa Paracchini, M., Braat, L., & Bidoglio, G. (2012). Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services*, 1(1), 31–39. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.06.004>
- Maleque, M. A., Maeto, K., & Ishii, H. T. (2009). Arthropods as bioindicators of sustainable forest management, with a focus on plantation forests. *Applied Entomology and Zoology*, 44(1), 1-11. https://www.researchgate.net/publication/249887288_Arthropods_as_bioindicators_of_sustainable_forest_management_with_a_focus_on_plantation_forests
- Manners, R., & Varela-Ortega, C. (2017). Analyzing Latin American and Caribbean Forest vulnerability from socio-economic factors. *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 14(1), 109–130. <https://doi.org/10.1080/1943815X.2017.1400981>
- Mantilla, P. G., & Neri, L. (2015). El ecoturismo como alternativa sostenible para proteger el bosque seco tropical peruano: El caso de Proyecto Hualtaco, Tumbes. *PASOS Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 13(6), 1437-1449. https://www.researchgate.net/publication/318950662_El_ecoturismo_como_alternativa_sostenible_para_proteger_el_bosque_seco_tropical_peruano_El_caso_de_Proyecto_Hualtaco_Tumbes
- Mas, A. H., & Dietsch, T. V. (2004). Linking shade coffee certification to biodiversity conservation: butterflies and birds in Chiapas, Mexico. *Ecological Applications*, 14(3), 642–654. <https://doi.org/10.1890/02-5225>
- Matsumoto, T., Itioka, T., Yamane, S., & Momose, K. (2009). Traditional land use associated with swidden agriculture changes encounter rates of the top predator, the army ant, in Southeast Asian tropical rain forests. *Biodiversity and Conservation*, 18(12), 3139-3151. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20093340294>
- McCool, S.F., & Stankeyz, G., 2001. Representing the future: a framework for evaluating the utility of indicators in the search for sustainable forests. *Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management*, 7, 93-105. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/9780851993928.0093>
- McDonald, G. T., & Lane, M. B. (2004). Converging global indicators for sustainable forest management. *Forest Policy and Economics*, 6(1), 63-70. <https://ideas.repec.org/a/eee/forpol/v6y2004i1p63-70.html>
- Medellín, R. A., Equihua, M., & Amin, M. A. (2000). Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in Neotropical rainforests. *Conservation Biology: The Journal of the Society for Conservation Biology*, 14(6), 1666–1675. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2000.99068.x>
- Mendonça, E., Leite, L. F. C., & Wendling, B. (2009). Modelagem da dinâmica da matéria orgânica dos solos tropicais: uma proposta de ferramenta para a gestão ambiental. *Embrapa Meio-Norte-Artigo em periódico indexado (ALICE)*, 30, 40-50. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/578704/modelagem-da-dinamica-da-materia-organica-dos-solos-tropicais-uma-proposta-de-ferramenta-para-a-gestao-ambiental>

- Mendoza, G. A., & Prabhu, R. (2003). Qualitative multi-criteria approaches to assessing indicators of sustainable forest resource management. *Forest Ecology and Management*, 174(1–3), 329–343. [https://doi.org/10.1016/s0378-1127\(02\)00044-0](https://doi.org/10.1016/s0378-1127(02)00044-0)
- Meyer, C.F. (2015). Methodological challenges in monitoring bat population-and assemblage-level changes for anthropogenic impact assessment. *Mammalian Biology - Zeitschrift für Säugetierkunde*, 80(3), 159-169. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2014.11.002>
- Michels, T., Eschbach, J. M., Lacote, R., Benneveau, A., & Papy, F. (2012). Tapping panel diagnosis, an innovative on-farm decision support system for rubber tree tapping. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(3), 791–801. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0069-2>
- Miranda, P.N., Morato, E.F., Oliveira, M.A., & Delabie, J.H.C. (2013). A riqueza e composição de formigas como indicadores dos efeitos do manejo florestal de baixo impacto em floresta tropical no estado do Acre, 37(1), 163-173. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000100017>
- Montagna, T., Lauterjung, M.B., Candido-Ribeiro, R., Silva, J.Z.D., Hoeltgebaum, M.P., Costa, N.C., Bernardi A.P., & Reis, M.S.D. (2018). Spatial genetic structure, population dynamics, and spatial patterns in the distribution of *Ocotea catharinensis* from southern Brazil: implications for conservation. *Canadian Journal of Forest Research*, 48, 506-516. <https://www.semanticscholar.org/paper/Spatial-genetic-structure%2C-population-dynamics%2C-and-Montagna-Lauterjung/67f2a5e15d6cb6aa0804180b6012bb853f3533b5>
- Moscovich, F., Keller, H., Fernández, R., & Borhen, A. (2005). Indicadores de impacto ambiental de plantaciones forestales - componente vegetal. *Ciência Florestal*, 15(1), 21-32. https://www.researchgate.net/publication/27790548_Indicadores_de_impacto_ambiental_de_plantaciones_forestales_-_componente_vegetal
- Moura, E., GL Sena, V., Correa, M. S., das CF Aguiar, A. (2013). The Importance of an Alternative for Sustainability of Agriculture around the Periphery of the Amazon Rainforest. *Recent patents on food, nutrition & agriculture*, 5(1), 70–78. <https://doi.org/10.2174/2212798411305010011>
- Moura, E.G., Aguiar, A., Piedade, A.R., & Rousseau, G.X. (2015). Contribution of legume tree residues and macrofauna to the improvement of abiotic soil properties in the eastern Amazon. *Applied Soil Ecology*. 86, 91-99. https://www.researchgate.net/publication/267629267_Contribution_of_legume_tree_residues_and_macrofauna_to_the_improvement_of_abiotic_soil_properties_in_the_eastern_Amazon_C
- Moura, E.G.D., Gehring, C., Braun, H., Ferraz Junior, A. D., Reis, F. D., & Aguiar, A. D. (2016). Improving farming practices for sustainable soil use in the humid tropics and rainforest ecosystem health. *Sustainability*, 8(9), 841. <https://doi.org/10.3390/su8090841>
- Mukul, S.A., Uddin, M.B., Manzoor Rashid, A.Z.M., & Fox, J. (2010). Integrating livelihoods and conservation in protected areas: understanding the role and stakeholder views on prospects for non-timber forest products, a Bangladesh

- case study. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 17(2), 180–188. <https://doi.org/10.1080/13504500903549676>
- Mwavu, E.N., & Witkowski, E.T. (2009). Population structure and regeneration of multiple-use tree species in a semi-deciduous African tropical rainforest: implications for primate conservation. *Forest Ecology and Management*, 258(5), 840–849. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.03.019>
- Myers, N. (1993). Tropical forests: the main deforestation fronts. *Environmental Conservation*, 20(1), 9-16. <https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-conservation/article/abs/tropical-forests-the-main-deforestation-fronts/0953F8D81149DA3940E346BD08BC0DAD>
- Nogueira, M. A., Albino, U. B., Brandao-Junior, O., Braun, G., Cruz, M. F., Dias, B. A., Duarte, R. T. D., Gioppo, N. M. R., Menna, P., & Orlandi, J. M. (2006). Promising indicators for assessment of agroecosystems alteration among natural, reforested and agricultural land use in southern Brazil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 115(1–4), 237–247. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.01.008>
- Norgrove, L., & Hauser, S. (2015). Estimating the consequences of fire exclusion for food crop production, soil fertility, and fallow recovery in shifting cultivation landscapes in the humid tropics. *Environmental Management*, 55(3), 536–549. <https://doi.org/10.1007/s00267-014-0431-7>
- Norgrove, L., & Hauser, S. (2016). Biophysical criteria used by farmers for fallow selection in West and Central Africa. *Ecological Indicators*, 61, 141–147. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.06.013>
- Noss, R.F. (1990). Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology: The Journal of the Society for Conservation Biology*, 4(4), 355–364. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1990.tb00309.x>
- Ochoa-Gaona, S., Kampichler, C., De Jong, B.H.J., Hernández, S., Geissen, V., & Huerta, E. (2010). A multi-criterion index for the evaluation of local tropical forest conditions in Mexico. *Forest Ecology and Management*, 260(5), 618–627. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.05.018>
- Onyekwelu, J.C., Stimm, B., & Evans, J. (2011). Review plantation forestry, in: Günther (Ed), *Silviculture in the Tropics*. Springer, Berlin. https://www.researchgate.net/publication/278665919_Review_Plantation_Forestry
- Oostermeijer, J.G.B., Luijten, S.H., & Den Nijs, J.C.M. (2003). Integrating demographic and genetic approaches in plant conservation. *Biological Conservation*, 113(3), 389–398. [https://doi.org/10.1016/s0006-3207\(03\)00127-7](https://doi.org/10.1016/s0006-3207(03)00127-7)
- Ordóñez, Y., Delgado, D., & Finegan, B. (2005). Monitoreo ecológico en bosques húmedos tropicales certificados en la RAAN, Nicaragua. Evaluación del impacto ecológico del manejo forestal. Recursos Naturales y Ambiente. CATIE, 46. <https://ru.dgb.unam.mx/items/1237af6b-05fb-4519-a4e6-ea4333d73417>
- Pabst, H., Gerschlaier, F., Kiese, R., & Kuzyakov, Y. (2016). Land use and precipitation affect organic and microbial carbon stocks and the specific metabolic quotient in soils of eleven ecosystems of Mt. Kilimanjaro, Tanzania. *Land Degradation & Development*, 27(3), 592-602. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016LDeDe..27..592P/abstract>

- Palmer, D.J., Lowe, D.J., Payn, T.W., Höck, B.K., McLay, C.D.A., & Kimberley, M.O. (2005). Soil and foliar phosphorus as indicators of sustainability for *Pinus radiata* plantation forestry in New Zealand. *Forest Ecology and Management*, 220(1–3), 140–154. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.08.029>
- Paoli, G.D., Peart, D.R., Leighton, M., & Samsoedin, I. (2001). An ecological and economic assessment of the nontimber forest product gaharu wood in Gunung Palung National Park, West Kalimantan, Indonesia. *Conservation Biology*, 15(6), 1721-1732.
https://www.researchgate.net/publication/238417110_An_Ecological_and_Economic_Assessment_of_the_Nontimber_Forest_Product_Gaharu_Wood_in_Gunung_Palung_National_Park_West_Kalimantan_Indonesia
- Partelli, F.L., Duarte, H., Ferreira, E., Viana, A.P., Martins, M.A., & Urquiaga, S. (2012). Chemical and microbiological soil characteristics under conventional and organic coffee production systems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43(5), 847-864.
https://www.researchgate.net/publication/241734645_Chemical_and_Microbiological_Soil_Characteristics_under_Conventional_and_Organic_Coffee_Production_Systems
- Patel, K., Kumar, J.I.N., Kumar, R.N., & Bhoi, R.K. (2010). Seasonal and temporal variation in soil microbial biomass C, N and P in different types land uses of dry deciduous forest ecosystem of Udaipur, Rajasthan, Western India. *Applied Ecology and Environmental Research* 8(4), 377-390.
https://www.researchgate.net/publication/268212332_Seasonal_and_temporal_variation_in_soil_microbial_biomass_C_N_and_P_in_different_types_land_uses_of_dry_deciduous_forest_ecosystem_of_Udaipur_Rajasthan_Western_India
- Peck, M. R., Maddock, S. T., Morales, J. N., Oñate, H., Mafla-Endara, P., Peñafiel, V. A., Torres-Carvajal, O., Pozo-Rivera, W. E., Cueva-Arroyo, X. A., & Tolhurst, B. A. (2014). Cost-Effectiveness of Using Small Vertebrates as Indicators of Disturbance. *Conservation Biology*, 28(5), 1331-1341.
<https://doi.org/10.1111/cobi.12373>
- Pert, P. L., Butler, J. R., Bruce, C., & Metcalfe, D. (2012). A composite threat indicator approach to monitor vegetation condition in the Wet Tropics, Queensland, Australia. *Ecological Indicators*, 18, 191-199.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X11003839?via%3Dihub>
- Pinho, R. C., Miller, R. P., & Alfaia, S. S. (2012). Agroforestry and the improvement of soil fertility: a view from Amazonia. *Applied and Environmental Soil Science*, 616383, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2012/616383>
- Prabhu, R., Colfer, C. J. P., & Dudley, R. G. (1999). Guidelines for developing, testing, and selecting criteria and indicators for sustainable forest management. Center for International Forestry Research, Bogor. https://www.cifor-icraf.org/publications/pdf_files/Books/toolbox-1.pdf
- Prabhu, R., Ruitenbeek, J. H., Boyle, T. J. B., & Colfer, C. J. P. (2001). Between voodoo science and adaptive management: the role and research needs for indicators of sustainable forest management. In “*Criteria and indicators for sustainable forest management*”. *Papers presented at a IUFRO/CIFOR/FAO*

- conference “Sustainable forest management: fostering stakeholder input to advance development of scientifically based indicators” held in Melbourne, Australia, August 1998 (pp. 39–66). CABI Publishing.
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/abs/10.1079/9780851993928.0039>
- Prasad, V. K., & Badarinath, K. V. S. (2005). Assessing forest cover sustainability and deforestation risk from socioeconomic and biophysical indicators—a case study from Rampa Forests, south India. *Sustainable Development*, 13(2), 102–114.
<https://doi.org/10.1002/sd.250>
- Presley, S. J., Willig, M. R., Saldanha, L. N., Wunderle Jr, J. M., & Castro-Arellano, I. (2009). Reduced-impact logging has little effect on temporal activity of frugivorous bats (Chiroptera) in lowland Amazonia. *Biotropica*, 41(3), 369–378.
<https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2008.00485.x>
- Putz, F. E., Blate, G. M., Redford, K. H., Fimbel, R., & Robinson, J. (2001). Tropical forest management and conservation of biodiversity: an overview. *Conservation Biology*, 15(1), 7-20. <https://cgspace.cgiar.org/items/2b0d7780-0649-40ac-9d52-24c4225ca944>
- Raudsepp-Hearne, C., Peterson, G. D., Tengö, M., Bennett, E. M., Holland, T., Benessaiah, K., McDonald, G., & Pfeifer, L. (2010). Untangling the environmentalist's paradox: why is human well-being increasing as ecosystem services degrade? *BioScience*, 60, 576-589.
<https://chooser.crossref.org/?doi=10.1525%2Fbio.2010.60.8.4>
- Reddy, C. S., Khuroo, A. A., Krishna, P. H., Saranya, K. R. L., Jha, C. S., & Dadhwal, V.K. (2014). Threat evaluation for biodiversity conservation of forest ecosystems using geospatial techniques: a case study of Odisha, India *Ecological Engineering*, 69, 287–303. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.05.006>
- Ribeiro, E. M. S., Arroyo-Rodríguez, V., Santos, B. A., Tabarelli, M., Leal, I. R., & Barlow, J. (2015). Chronic anthropogenic disturbance drives the biological impoverishment of the Brazilian Caatinga vegetation. *The Journal of Applied Ecology*, 52(3), 611–620. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12420>
- Rodrigues, G.S., De Barros, I., Ehabe, E.E., Lang, P.S., & Enjalric, F. (2009). Integrated indicators for performance assessment of traditional agroforestry systems in Southwest Cameroon. *Agroforestry Systems*, 77, 9-22.
<https://doi.org/10.1007/s10457-009-9237-7>
- Rousseau, L., Fonte, S.J., Téllez, O., Van der Hoek, R., & Lavelle, P. (2013). Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. *Ecological Indicators*, 27, 71–82.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.11.020>
- Rüger, N., Williams-Linera, G., Kissling, W. D., & Huth, A. (2008). Long-term impacts of fuelwood extraction on a tropical Montane cloud forest. *Ecosystems (New York, N.Y.)*, 11(6), 868–881. <https://doi.org/10.1007/s10021-008-9166-8>
- Rutten, G., Ensslin, A., Hemp, A., & Fischer, M. (2015). Forest structure and composition of previously selectively logged and non-logged montane forests at Mt. Kilimanjaro. *Forest Ecology and Management*, 337, 61–66.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.10.036>
- Saiter, F.Z., & Thomaz, L.D. (2014). Revisão da lista de espécies arbóreas do inventário de Thomaz and Monteiro (1997) na Estação Biológica de Santa Lúcia: o mais

- importante estudo fitossociológico em florestas montanas do Espírito Santo. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão*, 34, 101-128.
http://boletim.sambio.org.br/pdf/34_06.pdf
- Salako, F.K., Hauser, S., Babalola, O., & Tian, G. (2001). Improvement of the physical fertility of a degraded Alfisol with planted and natural fallows under humid tropical conditions. *Soil Use and Management*, 17(1), 41-47.
<https://cgspace.cgiar.org/items/0080a1af-44d4-4214-a85d-00e83ff57f72>
- Sanei, A., Hussin, M.Z., Yusof, E., & Kasim, M.R. (2011). Estimation of leopard population size in a secondary forest within Malaysia's capital agglomeration using unsupervised classification of pugmarks. *Tropical Ecology*, 52, 209-217.
<https://www.semanticscholar.org/paper/Estimation-of-leopard-population-size-in-a-forest-Sanei-Hussin/d8f4fb3ba1684bc43b5b7e3ffb16b6e681808961>
- Sassen, M., & Sheil, D. (2013). Human impacts on forest structure and species richness on the edges of a protected mountain forest in Uganda. *Forest Ecology and Management*, 307, 206–218. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.07.010>
- Schroth, G., Harvey, C. A., da Fonseca, G. A., Gascon, C., Vasconcelos, H. L., & Izac, A. M. N. (Eds.) (2004). *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Island Press, London.
<https://books.google.com.ec/books?id=lfmBO4XpfyUC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>
- Schulze, M., Grogan, J., & Vidal, E. (2008). Forest certification in Amazonia: standards matter. *Oryx: The Journal of the Fauna Preservation Society*, 42(2), 229–239.
<https://doi.org/10.1017/s0030605308000689>
- Shackleton, S., Delang, C.O., & Angelsen, A. (2011). From subsistence to safety nets and cash income: exploring the diverse values of non-timber forest products for livelihoods and poverty alleviation. In: Shackleton, S., Shackleton, C., Shanley, P., (Eds), *Non-timber forest products in the global context*. Springer, Berlin.
<https://www.cifor-icraf.org/knowledge/publication/3405/>
- Shaffer, C.A., Milstein, M.S., Yukuma, C., Marawanaru, E., & Suse, P. (2017). Sustainability and comanagement of subsistence hunting in an indigenous reserve in Guyana. *Conservation Biology: The Journal of the Society for Conservation Biology*, 31(5), 1119–1131. <https://doi.org/10.1111/cobi.12891>
- Shaffer, C. A., Yukuma, C., Marawanaru, E., & Suse, P. (2018). Assessing the sustainability of Waiwai subsistence hunting in Guyana by comparison of static indices and spatially explicit, biodemographic models. *Animal Conservation*, 21(2), 148–158. <https://doi.org/10.1111/acv.12366>
- Sheil, D., Nasi, R., & Johnson, B. (2004). Ecological criteria and indicators for tropical forest landscapes: challenges in the search for progress. *Ecology and Society*, 9(1), 7. <https://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss1/art7/>
- Siebert, S. F., & Belsky, J. M. (2014). Historic livelihoods and land uses as ecological disturbances and their role in enhancing biodiversity: An example from Bhutan. *Biological Conservation*, 177, 82–89.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.06.015>
- Silva Gonzaga, M. I., Cunha Bispo, M.V., Lima da Silva, T., Mello dos Santos, W., & Leal de Santana, I. (2016). Atlantic forest soil as reference in the soil quality evaluation of coconut orchards (*Cocos nucifera* L.) under different

- management. *Semina: Ciências Agrárias*, 37(6), 3847–3858. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n6p3847>
- Silva, A. P., Babujia, L. C., Franchini, J. C., Souza, R. A., & Hungria, M. (2010). Microbial biomass under various soil- and crop-management systems in short- and long-term experiments in Brazil. *Field Crops Research*, 119(1), 20–26. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.06.012>
- Simons, A.J., & Leakey, R.R.B. (2004). Tree domestication in tropical agroforestry. In *Advances in Agroforestry* (pp. 167–181). Springer Netherlands. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-2424-1_12
- Singh, M., Tokola, T., Hou, Z., & Notarnicola, C. (2017). Remote sensing-based landscape indicators for the evaluation of threatened-bird habitats in a tropical forest. *Ecology and Evolution*, 7(13), 4552–4567. <https://doi.org/10.1002/ece3.2970>
- Singh, T. P., & Das, S. (2014). Predictive analysis for vegetation biomass assessment in western ghat region (WG) using geospatial techniques. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 42(3), 549–557. <https://doi.org/10.1007/s12524-013-0335-7>
- Siry, J. P., Cubbage, F. W., & Ahmed, M. R. (2005). Sustainable forest management: global trends and opportunities. *Forest Policy and Economics*, 7(4), 551–561. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2003.09.003>
- Smaling, E. M. A., & Dixon, J. (2006). Adding a soil fertility dimension to the global farming systems approach, with cases from Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 116(1–2), 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.03.010>
- Solen, L. C., Nicolas, J., de Sartre Xavier, A., Thibaud, D., Simon, D., Michel, G., & Johan, O. (2018). Impacts of agricultural practices and individual life characteristics on ecosystem services: A case study on family farmers in the context of an amazonian pioneer front. *Environmental Management*, 61(5), 772–785. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1004-y>
- Steffan-Dewenter, I., Kessler, M., Barkmann, J., Bos, M. M., Buchori, D., Erasmi, S., Faust, H., Gerold, G., Glenk, K., Gradstein, S. R., Guhardja, E., Harteveld, M., Hertel, D., Höhn, P., Kappas, M., Köhler, S., Leuschner, C., Maertens, M., Marggraf, R., ... Tscharntke, T. (2007). Tradeoffs between income, biodiversity, and ecosystem functioning during tropical rainforest conversion and agroforestry intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(12), 4973–4978. <https://doi.org/10.1073/pnas.0608409104>
- Suhling, F., Sahlén, G., Martens, A., Marais, E., & Schütte, C. (2006). Dragonfly assemblages in arid tropical environments: A case study from western Namibia. *Biodiversity and Conservation*, 15(1), 311–332. <https://doi.org/10.1007/s10531-005-2007-6>
- Testolin, R., Saulei, S., Farcomeni, A., Grussu, G., Yosi, C., De Sanctis, M., & Attorre, F. (2016). Investigating the effect of selective logging on tree biodiversity and structure of the tropical forests of Papua New Guinea. *IForest: Biogeosciences and Forestry*, 9(3), 475–482. <https://doi.org/10.3832/ifor1732-008>

- Ticktin, T. (2004). The ecological implications of harvesting non-timber forest products. *The Journal of Applied Ecology*, 41(1), 11–21. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2004.00859.x>
- Trilleras, J. M., Jaramillo, V. J., Vega, E. V., & Balvanera, P. (2015). Effects of livestock management on the supply of ecosystem services in pastures in a tropical dry region of western Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 211, 133–144. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.06.011>
- Trivedi, P., Delgado-Baquerizo, M., Anderson, I. C., & Singh, B. K. (2016). Response of soil properties and microbial communities to agriculture: implications for primary productivity and soil health indicators. *Frontiers in Plant Science*, 7, 990. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00990>
- United Nations (1992). United Nations Framework Convention on Climate Change. UN, Rio de Janeiro. <https://unfccc.int/process-and-meetings/united-nations-framework-convention-on-climate-change>
- Valencia, R., Foster, R. B., Villa, G., Condit, R., Svenning, J.-C., Hernández, C., Romoleroux, K., Losos, E., Magård, E., & Balslev, H. (2004). Tree species distributions and local habitat variation in the Amazon: large forest plot in eastern Ecuador. *The Journal of Ecology*, 92(2), 214–229. <https://doi.org/10.1111/j.0022-0477.2004.00876.x>
- van Vliet, N., Fa, J., & Nasi, R. (2015). Managing hunting under uncertainty: from one-off ecological indicators to resilience approaches in assessing the sustainability of bushmeat hunting. *Ecology and Society: A Journal of Integrative Science for Resilience and Sustainability*, 20(3). <https://doi.org/10.5751/es-07669-200307>
- Vanhove, W., Vanhoudt, N., & van Damme, P. (2016). Effect of shade tree planting and soil management on rehabilitation success of a 22-year-old degraded cocoa (*Theobroma cacao* L.) plantation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 219, 14–25. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.12.005>
- Vera, R. R., Cota-Sánchez, J. H., & Grijalva Olmedo, J. E. (2019). Biodiversity, dynamics, and impact of chakras on the Ecuadorian Amazon. *Journal of Plant Ecology*, 12(1), 34–44. <https://academic.oup.com/jpe/article/12/1/34/4584266?login=false>
- Vera-Vélez, R., Grijalva Olmedo, J. E., Cota-Sánchez, J. H. (2019). Cocoa agroforestry and tree diversity in relation to past land use in the Northern Ecuadorian Amazon. *New Forests*, 50(6), 891–910. <https://doi.org/10.1007/s11056-019-09707-y>
- Vergutz, L., Novais, R. F., Silva, I. R. da, Barros, N. F. de, Nunes, T. N., & Piau, A. A. de M. (2010). Mudanças na matéria orgânica do solo causadas pelo tempo de adoção de um sistema agrossilvopastoril com eucalipto. *Revista Brasileira de Ciencia Do Solo*, 34(1), 43–57. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832010000100005>
- Vilanova-Torre, E., Ramírez-Angulo, H., & Torres-Lezama, A. (2010). El almacenamiento de carbono en la biomasa aérea como indicador del impacto del aprovechamiento de maderas en la Reserva Forestal Imataca, Venezuela. *Interciencia*, 35, 659–665. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6136>

- Vilanova, E., Ramírez-Angulo, H., Ramírez, G., & Torres-Lezama, A. (2012). Compliance with sustainable forest management guidelines in three timber concessions in the Venezuelan Guayana: Analysis and implications. *Forest Policy and Economics*, 17, 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2011.11.001>
- Wartenberg, A. C., Blaser, W. J., Janudianto, K. N., Roshetko, J. M., van Noordwijk, M., & Six, J. (2018). Farmer perceptions of plant–soil interactions can affect adoption of sustainable management practices in cocoa agroforests: a case study from Southeast Sulawesi. *Ecology and Society: A Journal of Integrative Science for Resilience and Sustainability*, 23(1). <https://doi.org/10.5751/es-09921-230118>
- Weinbaum, K. Z., Brashares, J. S., Golden, C. D., & Getz, W. M. (2013). Searching for sustainability: are assessments of wildlife harvests behind the times? *Ecology Letters*, 16(1), 99–111. <https://doi.org/10.1111/ele.12008>
- Willis, K. J., Gillson, L., & Brncic, T. M. (2004). Ecology. How “virgin” is virgin rainforest? *Science (New York, N.Y.)*, 304(5669), 402–403. <https://doi.org/10.1126/science.1093991>
- Zhang, H., & Jim, C. Y. (2013). Species adoption for sustainable forestry in Hong Kong’s degraded countryside. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 20(6), 484–503. <https://doi.org/10.1080/13504509.2013.818590>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Alfa Publicaciones**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Alfa Publicaciones**.



Open policy finder
Formerly Sherpa services

Evaluación microbiológica y resistencia bacteriana en carne de cerdo comercializada en Riobamba bajo el enfoque One Health: implicaciones para la salud humana

Microbiological evaluation and bacterial resistance in pork meat commercialized in Riobamba under a One Health approach: implications for human health

- ¹ Yolanda Verónica Buenaño Suárez  <https://orcid.org/0000-0001-9226-3200>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
yolanda.buenano@epoch.edu.ec
- ² Ligia Elizabeth Paredes Peñafiel  <https://orcid.org/0009-0002-0974-720X>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
ligia.paredes@epoch.edu.ec
- ³ Laura Katheryne Hernández León  <https://orcid.org/0000-0002-5210-3680>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
laurahernandezleon123@gmail.com
- ⁴ Carlota Georgina Olalla Procel  <https://orcid.org/0000-0002-4004-4564>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
carlota.olalla@epoch.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 09/03/2026

Revisado: 11/04/2026

Aceptado: 04/05/2026

Publicado: 29/05/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v8i2.683>

Cítese:

Buenaño Suárez, Y. V., Paredes Peñafiel, L. E., Hernández León, L. K. ., & Olalla Procel, C. G. . (2026). Evaluación microbiológica y resistencia bacteriana en carne de cerdo comercializada en Riobamba bajo el enfoque One Health: implicaciones para la salud humana. *AlfaPublicaciones*, 8(2), 131–149.
<https://doi.org/10.33262/ap.v8i2.683>



ALFA PUBLICACIONES, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://alfapublicaciones.com>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Palabras claves:

Calidad
microbiológica,
resistencia
antimicrobiana,
contaminación de
alimentos,
resistencia a los
antimicrobianos,
inocuidad de los
alimentos.

Resumen

Introducción. La carne de cerdo cruda constituye un alimento susceptible a contaminación microbiológica y a la diseminación de bacterias resistentes, lo que representa un problema relevante bajo el enfoque One Health. **Objetivo.** Evaluar la calidad microbiológica y la resistencia bacteriana en carne de cerdo comercializada en un mercado de la ciudad de Riobamba, bajo el enfoque One Health y sus implicaciones para la salud humana. **Metodología.** Se realizó un estudio con enfoque cuantitativo, diseño no experimental y de tipo longitudinal. Se recolectaron muestras de carne de cerdo cruda por duplicado en cinco puntos de venta, en tres intervalos de tiempo. La carga bacteriana (UFC/g) de aerobios mesófilos, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* se determinó mediante placas MicroFast, mientras que la detección de *Salmonella* spp. se realizó mediante métodos convencionales, conforme a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 1338:2016. La susceptibilidad antimicrobiana se evaluó mediante el método de Kirby-Bauer siguiendo los lineamientos del *Clinical and Laboratory Standards Institute*. El análisis estadístico se realizó mediante la prueba de Kruskal-Wallis con un nivel de confianza del 95%. **Resultados.** Los resultados mostraron que todas las muestras cumplieron con los límites para aerobios mesófilos y *Salmonella* spp.; en *Escherichia coli*, aunque algunos valores fueron elevados, se mantuvieron dentro del rango permitido. Para *Staphylococcus aureus*, solo una muestra superó el límite establecido, evidenciando un incumplimiento puntual. Las cepas de *Escherichia coli* presentaron resistencia a amoxicilina/ácido clavulánico y ciprofloxacino, mientras que *Staphylococcus aureus* fue sensible a los antibióticos evaluados. El análisis de Kruskal-Wallis no mostró diferencias significativas entre los puntos de venta ($p > 0,05$). **Conclusión.** La carne de cerdo comercializada en un mercado de la ciudad de Riobamba presenta cumplimiento parcial de los criterios microbiológicos, evidenciando la presencia de bacterias indicadoras de contaminación y patrones de resistencia antimicrobiana. Bajo el enfoque One Health, estos hallazgos reflejan un potencial riesgo para la salud humana, asociado a prácticas de producción, manipulación y comercialización, lo que resalta la necesidad de implementar estrategias integrales de control sanitario y uso

Keywords:

Microbiological
quality,
antimicrobial
resistance,
food
contamination,
antimicrobial
resistance, food
safety.

racional de antimicrobianos. **Área de estudio general:** Ciencias de la salud. **Área de estudio específica:** Microbiología de alimentos / Salud pública (enfoque One Health). **Tipo de estudio:** Artículo original.

Abstract

Introduction. Raw pork is a food susceptible to microbiological contamination and the spread of resistant bacteria, which represents a relevant problem under the One Health approach. **Objective.** To evaluate the microbiological quality and bacterial resistance in pork marketed in a market in the city of Riobamba, under the One Health approach and its implications for human health. **Methodology.** A quantitative, non-experimental, longitudinal study was conducted. Raw pork samples were collected in duplicate from five points of sale over three-time intervals. The bacterial load (CFU/g) of aerobic mesophiles, *Escherichia coli*, and *Staphylococcus aureus* was determined using MicroFast plates, while the detection of *Salmonella* spp. was performed using conventional methods, in accordance with the Ecuadorian Technical Standard NTE-INEN 1338:2016. Antimicrobial susceptibility was evaluated using the Kirby-Bauer method following the guidelines of the Clinical and Laboratory Standards Institute. Statistical analysis was performed using the Kruskal-Wallis test with a 95% confidence level. **Results.** The results showed that all samples met the limits for aerobic mesophiles and *Salmonella* spp.; for *Escherichia coli*, although some values were elevated, they remained within the permissible range. For *Staphylococcus aureus*, only one sample exceeded the established limit, indicating a specific non-compliance. *Escherichia coli* strains showed resistance to amoxicillin/clavulanic acid and ciprofloxacin, while *Staphylococcus aureus* was sensitive to the antibiotics evaluated. The Kruskal-Wallis test showed no significant differences among points of sale ($p > 0.05$). **Conclusion.** Pork marketed in a market in the city of Riobamba shows partial compliance with microbiological criteria, revealing the presence of contamination indicator bacteria and antimicrobial resistance patterns. Under the One Health approach, these findings reflect a potential risk to human health associated with production, handling, and commercialization practices, highlighting the need to implement

integrated sanitary control strategies and rational use of antimicrobials. **General study area:** Health Sciences. **Specific study area:** Food Microbiology / Public Health (One Health approach). **Type of study:** Originally article.

1. Introducción

La carne de cerdo constituye una de las principales fuentes de proteína de origen animal a nivel mundial; sin embargo, su alto contenido de agua y nutrientes la convierten en susceptible para el crecimiento de microorganismos, lo que incrementa el riesgo de contaminación microbiológica durante las etapas de producción, procesamiento y comercialización. Estudios realizados han evidenciado la presencia de bacterias como *Escherichia coli*, *Staphylococcus Aureus* y *Salmonella* spp. en productos cárnicos frescos, asociadas principalmente a deficiencias en las condiciones higiénico-sanitarias y prácticas inadecuadas de manipulación (Mazhar et al., 2023).

A nivel global la *World Health Organization* (WHO, 2024) reporta que aproximadamente 600 millones de personas enferman cada año debido al consumo de alimentos contaminados, ocasionando cerca de 420.000 muertes, lo que evidencia la magnitud del problema y su impacto en la salud pública.

En este contexto, la resistencia antimicrobiana en bacterias de origen alimentario representa una amenaza creciente. Bajo el enfoque *One Health*, el uso de antimicrobianos en la producción animal contribuye a la presencia de cepas resistentes que pueden transmitirse a los humanos a través de la cadena alimentaria. Estudios recientes han reportado la presencia de *Escherichia coli* con perfiles de resistencia en derivados de productos cárnicos, lo que limita las opciones terapéuticas y favorece la diseminación de resistencia (Esteves et al., 2026).

En países en desarrollo, como Ecuador, la comercialización de carne en mercados tradicionales presenta limitaciones como es en infraestructura, control sanitario y cumplimiento de normativas, lo que incrementa el riesgo de contaminación microbiológica. A pesar de la existencia de normativas como la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 1338:2016 (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2016), persisten brechas en su aplicación, especialmente en sistemas de expendio. Estas condiciones favorecen la contaminación cruzada y la proliferación de microorganismos patógenos, afectando la calidad e inocuidad del alimento.

Por lo que la evaluación microbiológica y de resistencia bacteriana en carne de cerdo cruda comercializada en mercados locales resulta fundamental para generar evidencia

científica sobre su calidad sanitaria y su impacto en la salud pública. Este tipo de estudios se enmarca en el enfoque *One Health*, el cual integra la relación entre la salud humana, animal y ambiental en la propagación de patógenos y resistencia antimicrobiana.

Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la calidad microbiológica y la resistencia bacteriana en carne de cerdo comercializada en un mercado de la ciudad de Riobamba, mediante la cuantificación de Aerobios mesófilos, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y la detección de *Salmonella* spp., así como el análisis de susceptibilidad antimicrobiana de las cepas aisladas. Se planteó como hipótesis que la carne de cerdo comercializada presenta niveles variables de contaminación microbiológica y posibles patrones de resistencia antimicrobiana asociados a las condiciones de manipulación y expendio.

2. Metodología

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, con diseño no experimental, ya que no se manipularon deliberadamente las variables de estudio. El nivel fue observacional y descriptivo, basado en el análisis microbiológico de las muestras, cuyos resultados se expresaron en unidades formadoras de colonia (UFC/g). Estos valores fueron evaluados para determinar el cumplimiento de los límites establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 1338:2016 (INEN, 2016).

La población de estudio estuvo constituida por carne de cerdo cruda comercializada en un mercado de la ciudad de Riobamba. Se aplicó un muestreo no probabilístico, por conveniencia (intencional), seleccionando cinco puntos de expendio de carne de cerdo cruda, elegidos por accesibilidad y disponibilidad durante el periodo de estudio.

2.1. Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión:

- Carne de cerdo cruda comercializada en el mercado de estudio.
- Muestras correspondientes exclusivamente a origen porcino.
- Productos disponibles para venta al público al momento del muestreo.

Criterios de exclusión:

- Muestras con alteraciones organolépticas evidentes (color, olor o textura).
- Productos de origen distinto al porcino.
- Muestras visiblemente contaminadas o deterioradas.

2.2. Toma y transporte de muestras

La recolección de muestras se realizó conforme a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 776:212 (INEN, 2012) y a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 1338:2016 (INEN, 2016). Se obtuvieron muestras de carne de cerdo cruda provenientes de cinco puntos de expendio en un mercado de la ciudad de Riobamba, durante tres semanas consecutivas. Se recolectaron aproximadamente 500 g por muestra mediante técnica aséptica, siendo codificadas según el punto de venta correspondiente y analizadas por duplicado (INEN, 2016).

Las muestras fueron transportadas en cadena de frío (0–2 °C) hasta el laboratorio de microbiología para su análisis inmediato.

2.3. Preparación de muestras y diluciones

Se homogenizaron 10 g de muestra en 90 mL de agua peptonada estéril, obteniéndose la dilución inicial (10^{-1}). Posteriormente, se realizaron diluciones seriadas hasta 10^{-5} , siguiendo la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 1529-1:2013 (INEN, 2013a).

2.4. Análisis microbiológico

La cuantificación de aerobios mesófilos, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* se realizó mediante siembra en placas MicroFast, utilizando 1 mL de cada dilución bajo condiciones de asepsia en cabina de flujo laminar. Las placas fueron incubadas a 37 °C durante 24 horas.

Para confirmación microbiológica se emplearon medios selectivos:

- *E. coli*: Agar EMB (Eosina Azul de Metileno)
- *Staphylococcus aureus*: Agar Baird Parker

El recuento se expresó en unidades formadoras de colonia por gramo (UFC/g), siguiendo la metodología de la AOAC 990.12. (Ministerio de Agricultura Gobierno de Chile, 2021).

Detección de *Salmonella* spp. La detección se realizó conforme a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 1529-15:2013, mediante las etapas de pre-enriquecimiento, enriquecimiento selectivo y aislamiento en agar Salmonella-Shigella (SS), con incubación a 37 °C durante 24–48 horas (INEN, 2013b).

Pruebas bioquímicas. Se realizaron pruebas de identificación bacteriana:

- TSI (Triple Sugar Iron)
- Citrato de Simmons
- SIM (Sulfuro-Indol-Motilidad)
- Ureasa

Para *Staphylococcus aureus*:

- Catalasa
- Coagulasa

Resistencia antimicrobiana. Se utilizó el método de difusión en disco Kirby-Bauer, siguiendo los lineamientos del Clinical and Laboratory Standards Institute (2020). Se preparó una suspensión bacteriana ajustada a 0,5 McFarland e inoculada en agar Mueller-Hinton.

Las placas se incubaron a 35–37 °C durante 20–24 horas. Los halos de inhibición fueron medidos y comparados con los puntos de corte del CLSI para clasificar las cepas como sensibles, intermedias o resistentes.

3. Resultados

La recolección de las muestras de carne se realizó en cinco puestos diferentes, a una temperatura constante entre 0°C y 2°C, según la normativa NTE-INEN 776:212 (INEN, 2012)

Se recolectaron 15 muestras de carne de cerdo cruda durante tres semanas consecutivas y por duplicado con la finalidad de captar variaciones en las condiciones higiénicas de los puestos estudiados, además de obtener datos consistentes para reducir el margen de error y obtener resultados estadísticamente confiables (Luna, 2021).

3.1. Análisis de las características organolépticas de la carne de cerdo

El análisis de las muestras de la carne de cerdo cruda se efectuó conforme a la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 03107-17 (Asamblea Nacional de la República de Nicaragua, 2019). Se evaluaron las propiedades organolépticas de la carne de cerdo en estado crudo para evaluar su estado. La calidad y la inocuidad de los alimentos se aseguran mediante el análisis microbiológico, físico y químico. Además, los alimentos se examinan a través de las pruebas sensoriales mediante los sentidos como el color, el olor y la textura.

Estas propiedades son parámetros esenciales para evaluar la calidad de la carne ya que estas influyen por múltiples factores previos al sacrificio del animal (Quimiz, 2024).

Tabla 1

Características organolépticas de carne de cerdo cruda en tres muestreos

Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	Criterio normativo
Color (Muestreo 1)	Rosado	Rosado	Rosado	Rosado	Rosado	

Tabla 1

*Características organolépticas de carne de cerdo cruda en tres muestreos
(continuación)*

Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	Criterio normativo
Textura (Muestreo 1)	Firme	Firme	Firme	Firme	Firme	
Color (Muestreo 2)	Rosado	Rosado	Rosado	Rosado	Rosado	
Textura (Muestreo 2)	Firme	Firme	Firme	Firme	Firme	
Color (Muestreo 3)	Rosado	Rosado	Rosado	Rosado	Rosado	
Textura (Muestreo 3)	Firme	Firme	Firme	Firme	Firme	
Referencia	—	—	—	—	—	Color: rosado-rojo claro; textura: firme

Fuente: en base en la NTON 03107-17 (Asamblea Nacional de la República de Nicaragua, 2019)

Nota: Evaluación sensorial mediante inspección visual y táctil.

En la **Tabla 1** se evidenció que, en los tres muestreos realizados, las muestras presentaron consistentemente un color rosado y una textura firme, características organolépticas que indican un adecuado estado de conservación del alimento (NTON 03107-17) (Asamblea Nacional de la República de Nicaragua, 2019).

3.2. Cuantificación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria

La evaluación microbiológica de la carne constituye una herramienta fundamental para determinar su calidad sanitaria y su aptitud para el consumo humano. En este contexto, el análisis de microorganismos indicadores como aerobios mesófilos, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Salmonella* spp. permite identificar posibles deficiencias en las condiciones de manipulación, almacenamiento y comercialización. A continuación en la **Tabla 2**, se presentan los resultados obtenidos en las muestras analizadas, comparados con los criterios establecidos en la NTE-INEN 1338:2016 (INEN, 2016).

Tabla 2

Recuento microbiológico de indicadores sanitarios en muestras de carne y evaluación de cumplimiento según normativa ecuatoriana

Muestra	Aerobios mesófilos (10^6 – 10^7)	<i>E. coli</i> (10^2 – 10^3)	<i>S. aureus</i> (10^3 – 10^4)	<i>Salmonella</i> (Ausencia)	Cumplimiento
M1	6.6×10^3	1.3×10^2	1.0×10^4	Ausencia	Cumple

Tabla 2

Recuento microbiológico de indicadores sanitarios en muestras de carne y evaluación de cumplimiento según normativa ecuatoriana (continuación)

Muestra	Aerobios mesófilos (10 ⁶ –10 ⁷)	<i>E. coli</i> (10 ² –10 ³)	<i>S. aureus</i> (10 ³ –10 ⁴)	<i>Salmonella</i> (Ausencia)	Cumplimiento
M2	5.8 × 10 ⁴	1.8 × 10 ²	7.2 × 10 ³	Ausencia	Cumple
M3	1.2 × 10 ⁵	6.6 × 10 ¹	(TNTC)	Ausencia	Parcial
M4	9.0 × 10 ⁴	0	1.2 × 10 ⁴	Ausencia	Cumple
M5	1.6 × 10 ⁵	0	1.9 × 10 ⁴	Ausencia	Cumple

Fuente: conforme a la NTE-INEN 1338:2016 (INEN, 2016)

Nota: Valores expresados como media (UFC/g). TNTC indica recuento no estimable.

Los recuentos de aerobios mesófilos en todas las muestras se mantuvieron por debajo del límite máximo permitido, indicando una carga microbiana aceptable. En el caso de *Escherichia coli*, los valores obtenidos se encontraron dentro del rango permitido, evidenciando condiciones higiénicas relativamente adecuadas. Para *Staphylococcus aureus*, la mayoría de las muestras cumplieron con los límites establecidos; sin embargo, se observaron valores elevados en una de las muestras y un resultado no cuantificable (TNTC), lo que sugiere posibles fallas en la manipulación. Por otro lado, *Salmonella* spp. estuvo ausente en todas las muestras analizadas, cumpliendo con lo exigido por la normativa.

3.3. Aislamiento e identificación de macroorganismos identificados en las muestras de carne de cerdo

La caracterización bioquímica de los aislados bacterianos evidenció un perfil compatible con *Escherichia coli* en las muestras M1–M3, determinado por la presencia de bacilos Gram negativos, pruebas de indol y movilidad positivas, utilización negativa de citrato y ureasa, así como fermentación de lactosa y glucosa con producción de gas en agar TSI. Por otro lado, las muestras M1–M5 presentaron características compatibles con *Staphylococcus aureus*, identificadas como cocos Gram positivos con pruebas de catalasa, coagulasa y fermentación de manitol positivas, confirmando la presencia de este microorganismo en las muestras analizadas (**Tabla 3**).

Tabla 3

Identificación bioquímica de bacterias aisladas en muestras de carne

Muestra	Microorganismo	Gram	Pruebas bioquímicas	Interpretación
M1–M3	<i>Escherichia coli</i>	Bacilos (-)	Indol (+), Motilidad (+), Citrato (-), Urea (-), TSI (A/A, gas +)	Confirmado

Tabla 3
Identificación bioquímica de bacterias aisladas en muestras de carne (continuación)

Muestra	Microorganismo	Gram	Pruebas bioquímicas	Interpretación
M1–M5	<i>Staphylococcus aureus</i>	Cocos (+)	Catalasa (+), Coagulasa (+), Manitol (+)	Confirmado

Nota: Identificación basada en pruebas bioquímicas convencionales.

3.4. Identificación de la Susceptibilidad Bacteriana a partir de cepas aisladas

Con la finalidad de evaluar el perfil de resistencia antimicrobiana de los microorganismos aislados de las muestras de carne de cerdo cruda, se realizó en ensayo de difusión de discos según el método Kirby-Bauer y siguiendo los lineamientos del *Clinical and Laboratory Standards Institute* (2020).

3.5. Antibiograma para los microorganismos aislados

Para la determinación de la susceptibilidad a los antibióticos de *Escherichia coli* y *Stafilococos aureus* se emplearon distintos antibióticos cuyos halos de inhibición se encuentran estandarizados por la CLSI, tal como se muestra en la **Tabla 4**.

Tabla 4
Susceptibilidad antimicrobiana de bacterias aisladas en carne según CLSI

Microorganismo	Antibiótico	Concentración	Halo (mm)	Interpretación
<i>E. coli</i>	Amoxicilina/Ácido clavulánico	30 µg	0	Resistente
	Gentamicina	10 µg	26	Sensible
	Ciprofloxacino	5 µg	19	Resistente
	Ceftriaxona	30 µg	26	Sensible
	Nitrofurantoína	300 µg	27	Sensible
<i>S. aureus</i>	Gentamicina	10 µg	23	Sensible
	Clindamicina	2 µg	26	Sensible
	Cloranfenicol	30 µg	28	Sensible
	Eritromicina	15 µg	27	Sensible
	Nitrofurantoína	300 µg	25	Sensible

Fuente: conforme a Clinical and Laboratory Standards Institute (2020).

Nota: Método Kirby-Bauer. Interpretación según puntos de corte CLSI.

El perfil de susceptibilidad antimicrobiana evidenció que *Escherichia coli* presentó resistencia a amoxicilina/ácido clavulánico (30 µg) y ciprofloxacino (5 µg), mientras que mostró sensibilidad a gentamicina (10 µg), ceftriaxona (30 µg) y nitrofurantoína (300 µg). Por otro lado, *Staphylococcus aureus* fue sensible a todos los antibióticos evaluados, incluyendo gentamicina, clindamicina, cloranfenicol, eritromicina y nitrofurantoína, lo que indica un perfil de susceptibilidad favorable en este microorganismo.

3.6. Análisis estadístico

Se evaluaron diferencias en la carga bacteriana (UFC/g) entre los cinco puestos de comercialización (M1–M5) para cada tipo de microorganismo (aerobios mesófilos, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*).

Debido a que los datos no cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis de manera independiente para cada bacteria.

Se plantearon las siguientes hipótesis:

H₀: No existen diferencias significativas en la carga bacteriana entre los puestos de comercialización.

H₁: Existen diferencias significativas en la carga bacteriana entre los puestos de comercialización.

Tabla 5

Comparación de la carga bacteriana (UFC/g) entre puestos de comercialización

Microorganismo	n	Mediana (UFC/g)	Rango	Valor H	Valor p	Interpretación
Aerobios mesófilos	5	90 000	6 600 – 160 000	—	>0.05*	No significativo
<i>Escherichia coli</i>	5	66	0 – 180	—	>0.05*	No significativo
<i>Staphylococcus aureus</i>	5	10 000	5 500 – 19 000	—	>0.05*	No significativo

Nota: Nivel de confianza 95% ($p < 0,05$).

El análisis de Kruskal-Wallis aplicado de manera independiente para cada microorganismo no evidenció diferencias estadísticamente significativas en la carga bacteriana entre los distintos puestos de comercialización ($p > 0.05$). Las medianas obtenidas mostraron variabilidad en los recuentos bacterianos

4. Discusión

Los resultados obtenidos en la **Tabla 1** sugieren que las condiciones de almacenamiento fueron apropiadas, ya que no se observaron alteraciones en las propiedades sensoriales evaluadas. Estos hallazgos concuerdan con los parámetros establecidos en la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 03107-17 lo que respalda la calidad del producto y su aceptabilidad desde el punto de vista organoléptico (Asamblea Nacional de la República de Nicaragua, 2019).

Según los valores de la **Tabla 2** los recuentos de aerobios mesófilos obtenidos en el presente estudio se mantuvieron por debajo de los límites establecidos por la NTE-INEN 1338:2016 (INEN, 2016) lo que indica una aceptable calidad microbiológica e higiene durante la manipulación y almacenamiento de la carne, en donde las bacterias aerobias mesófilas constituyen un indicador clave de la calidad sanitaria, ya que valores elevados se asocian directamente con deficiencias en el manejo higiénico y en las condiciones del proceso de faenamiento (Cevallos-Almeida et al., 2021). Además, una alta carga de aerobios mesófilos está relacionada con malas prácticas de higiene y un mayor riesgo de deterioro del producto (Kalaba et al., 2021).

En cuanto al recuento de *Escherichia coli* se mantuvieron dentro de los límites establecidos por la NTE-INEN 1338:2016 (INEN, 2016), lo que indica condiciones higiénico-sanitarias aceptables durante la manipulación y comercialización de la carne, destacando que su presencia está directamente relacionada con contaminación fecal durante el proceso de faenamiento (Cevallos-Almeida et al., 2021), concentraciones bajas indican una adecuada aplicación de medidas higiénicas y de control en el procesamiento cárnico (Fang et al., 2022). Por otro lado, niveles elevados de *E. coli* están asociados con deficientes condiciones de higiene en mercados y puntos de venta, donde incluso se ha reportado la presencia frecuente de cepas patógenas en carne cruda (Osemwowa et al., 2021).

En cuanto al recuento de *Staphylococcus aureus* en su mayoría dentro de los límites establecidos por la NTE-INEN 1338:2016 (INEN, 2016); sin embargo, se observaron valores elevados en algunas muestras, así como un caso no cuantificable (TNTC) en la Muestra 3, lo que sugiere posibles deficiencias en las prácticas de manipulación. Este comportamiento es relevante, ya que *Staphylococcus aureus* es considerado un microorganismo indicador de contaminación por el manipulador, debido a su presencia habitual en piel y mucosas humanas. Además se destaca su importancia como agente de intoxicación alimentaria, especialmente cuando existen condiciones inadecuadas de higiene y manipulación (Haghi et al., 2021). También la contaminación de carne con este microorganismo proviene de superficies (Serhan et al., 2024), que puede presentar cepas resistentes como MRSA, lo que incrementa su relevancia en salud pública y resalta la necesidad de control en toda la cadena alimentaria (Xing et al., 2025).

Salmonella spp. estuvo ausente en todas las muestras analizadas, cumpliendo con el criterio microbiológico establecido por la NTE-INEN 1338:2016 (INEN, 2016), el cual exige su ausencia como requisito fundamental de inocuidad ya que es uno de los principales patógenos transmitidos por alimentos a nivel mundial, asociado principalmente al consumo de carne contaminada (Ali & Alsayeqh, 2022) *Salmonella* representa un riesgo significativo cuando no se aplican adecuadas medidas de control sanitario (Liu et al., 2022).

En cuanto al aislamiento e identificación de *Escherichia coli* en las muestras analizadas, basada en su perfil bioquímico característico (bacilos Gram negativos, indol y movilidad positivos, citrato negativo y fermentación de lactosa), coincide con estudios recientes donde se describe que este microorganismo es comúnmente aislado en productos cárnicos mediante técnicas convencionales confirmando que estos métodos siguen siendo válidos y ampliamente utilizados en microbiología de alimentos (Gugsa et al., 2022). La carne cruda puede ser una fuente importante de *E. coli*, especialmente cuando existen deficiencias en las condiciones higiénico-sanitarias (Hu et al., 2022).

La identificación de *Staphylococcus aureus* en las muestras analizadas, confirmada mediante pruebas bioquímicas como catalasa, coagulasa y fermentación de manitol, coincide con lo reportado en la literatura científica reciente, donde estos métodos continúan siendo herramientas confiables para su identificación en alimentos constituyendo un importante patógeno de interés en salud pública debido a su capacidad de producir toxinas y causar intoxicaciones alimentarias (Alkuraythi et al., 2024), puede encontrarse en una alta proporción de alimentos de origen animal, lo que representa un riesgo significativo para la salud pública cuando no se aplican controles adecuados (Alkuraythi et al., 2024).

En la sensibilidad bacteriana *Escherichia coli* presentó resistencia a antibióticos como amoxicilina/ácido clavulánico y ciprofloxacino, lo cual coincide con estudios recientes que reportan la creciente presencia de cepas multirresistentes en productos cárnicos (**Tabla 4**). Investigaciones actuales han demostrado que cepas de *E. coli* productoras de β -Lactamasas de Espectro Extendido (BLEE) presentan resistencia a β -lactámicos y otros antimicrobianos de uso común, lo que representa un problema significativo en salud pública (Alkuraythi et al., 2024), está directamente relacionada con el uso indiscriminado de antimicrobianos en la producción animal, favoreciendo la selección de cepas resistentes que pueden transmitirse al ser humano a través de la cadena alimentaria (Alkuraythi et al., 2024).

En cuanto a *Staphylococcus aureus*, aunque en este estudio se observó sensibilidad a los antibióticos evaluados, la literatura científica reciente reporta una alta prevalencia de cepas resistentes en productos cárnicos, incluyendo *Staphylococcus aureus* resistente a Meticilina (MRSA), lo que incrementa su relevancia como patógeno de origen alimentario (Rao et al., 2022).

La ausencia de diferencias estadísticamente significativas en la carga bacteriana entre los distintos puestos de comercialización observada en este estudio ($p > 0.05$) sugiere que las condiciones higiénico-sanitarias y de manipulación de la carne son relativamente homogéneas entre los establecimientos evaluados en donde la contaminación microbiana tienden a ser similares entre puestos debido a prácticas compartidas de almacenamiento, exposición ambiental y manipulación del producto (Gugsa et al., 2022).

Asimismo, investigaciones actuales han demostrado que la variabilidad en la carga bacteriana en productos cárnicos no siempre presenta diferencias significativas cuando el tamaño muestral es reducido o cuando los factores de riesgo (temperatura ambiente, manipulación directa, contaminación cruzada) son comunes entre los puntos de venta. En este sentido, un estudio publicado en acceso abierto en *Scientific Reports* destaca que la contaminación microbiana en carne puede distribuirse de manera relativamente uniforme en sistemas de comercialización similares, lo que dificulta la identificación de diferencias estadísticas entre puntos específicos de muestreo (Guragain et al., 2022).

Por lo que, los resultados del presente estudio son consistentes con la evidencia científica actual, sugiriendo que la carga bacteriana en carne comercializada en mercados tradicionales puede ser homogénea entre puestos; sin embargo, la presencia de microorganismos indicadores resalta la necesidad de fortalecer las medidas de control sanitario para garantizar la inocuidad del producto.

5. Conclusiones

- Se recolectaron muestras de carne de cerdo cruda en cinco puestos de venta del mercado, cumpliendo con los parámetros establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 776:212, garantizando la conservación de la cadena de frío (0–2 °C) durante el transporte hacia el laboratorio, lo que permitió asegurar la integridad microbiológica de las muestras analizadas.
- Se cuantificaron e identificaron microorganismos indicadores de calidad microbiológica mediante pruebas bioquímicas, conforme a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 1338:2016. Los resultados evidenciaron que todas las muestras cumplieron con los límites establecidos para aerobios mesófilos, *Escherichia coli* y *Salmonella* spp., indicando una aceptable calidad sanitaria en estos parámetros. En cuanto a *Staphylococcus aureus*, la mayoría de las muestras se encuentran en un Arango permitido a excepción de una de ellas que excedió el límite permitido, evidenciando posibles fallas en la manipulación del producto, dado que este microorganismo está asociado a contaminación por el manipulador.
- El análisis de susceptibilidad antimicrobiana, realizado mediante el método de Kirby-Bauer siguiendo los lineamientos del *Clinical and Laboratory Standards Institute*, evidenció que las cepas de *Escherichia coli* presentaron resistencia a amoxicilina/ácido clavulánico y ciprofloxacino, lo que indica la presencia de patrones de resistencia relevantes desde el punto de vista clínico y de salud pública. Por otro lado, *Staphylococcus aureus* mostró sensibilidad a todos los antibióticos evaluados.
- El análisis estadístico mediante la prueba de Kruskal-Wallis no evidenció diferencias estadísticamente significativas en la carga bacteriana entre los distintos puestos de comercialización ($p > 0,05$), lo que sugiere condiciones

higiénico-sanitarias relativamente homogéneas entre los establecimientos evaluados. No obstante, se observó variabilidad en los recuentos bacterianos, siendo el puesto M3 el que presentó los valores más elevados, lo que podría indicar condiciones menos favorables de manejo, aunque sin diferencia estadística concluyente.

6. Conflicto de interés

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias bibliográficas

- Ali, S., & Alsayeqh, A. F. (2022). Review of major meat-borne zoonotic bacterial pathogens. *Frontiers in public health*, 10, 1045599. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1045599>
- Alkuraythi, D. M., Alkhulaifi, M. M., Binjomah, A. Z., Alarwi, M., Mujallad, M. I., Alharbi, S. A., Alshomrani, M., Gojobori, T., & Alajel, S. M. (2024). Comparative genomic analysis of antibiotic resistance and virulence genes in *Staphylococcus aureus* isolates from patients and retail meat. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 13, 1339339. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1339339>
- Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (2019). *Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 03107-17. Carne y productos cárnicos. Carne de cerdo cruda en cortes y sus vísceras*. Aprobada el 19 de febrero de 2019, Publicada en La Gaceta, Diario Oficial N°. 117 del 21 de junio de 2019. <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/b92aeea87dac762406257265005d21f7/b841efb7d53b6d87062574710052e8fd?OpenDocument>
- Cevallos-Almeida, M., Burgos-Mayorga, A., Gómez, C. A., Lema-Hurtado, J. L., Lema, L., Calvache, I., Jaramillo, C., Ruilova, I. C., Martínez, E. P., & Estupiñán, P. (2021). Association between animal welfare indicators and microbiological quality of beef carcasses, including *Salmonella* spp., from a slaughterhouse in Ecuador. *Veterinary World*, 14(4), 918–925. <https://doi.org/10.14202/VETWORLD.2021.918-925>

- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2020). Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing. *CLSI*, 40(1), 332. <https://www.nih.org.pk/wp-content/uploads/2021/02/CLSI-2020.pdf>
- Esteves, M., Lage, P., Sousa, J., Centeno, F., Teixeira, M. de F., Tenreiro, R., & Mendes-Ferreira, A. (2026). Correction: biocontrol potential of wine yeasts against four grape phytopathogenic fungi disclosed by time-course monitoring of inhibitory activities. *Frontiers in Microbiology*, 17. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2026.1817348>
- Fang, Y., Stanford, K., & Yang, X. (2022). Lactic acid resistance and population structure of *Escherichia coli* from meat processing environment. *Microbiology Spectrum*, 10(5), e01352-22. <https://doi.org/10.1128/SPECTRUM.01352-22>
- Gugsa, G., Weldeselassie, M., Tsegaye, Y., Awol, N., Kumar, A., Ahmed, M., Abebe, N., Taddele, H., & Bsrat, A. (2022). Isolation, characterization, and antimicrobial susceptibility pattern of *Escherichia coli* O157:H7 from foods of bovine origin in Mekelle, Tigray, Ethiopia. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 924736. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.924736>
- Guragain, M., Schmidt, J. W., Kalchayanand, N., Dickey, A. M., & Bosilevac, J. M. (2022). Characterization of *Escherichia coli* harboring colibactin genes (CLB) isolated from beef production and processing systems. *Scientific Reports*, 12(1), 5305-. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09274-x>
- Haghi, F., Zeighami, H., Hajiloo, Z., Torabi, N., & Derakhshan, S. (2021). High frequency of enterotoxin encoding genes of *Staphylococcus aureus* isolated from food and clinical samples. *Journal of Health, Population and Nutrition*, 40(27). <https://doi.org/10.1186/S41043-021-00246-X>
- Hu, B., Yang, X., Liu, Q., Zhang, Y., Jiang, D., Jiao, H., Yang, Y., Xiong, Y., Bai, X., & Hou, P. (2022). High prevalence and pathogenic potential of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* strains in raw mutton and beef in Shandong, China. *Current Research in Food Science*, 5, 1596–1602. <https://doi.org/10.1016/J.CRFS.2022.08.021>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2012). *NTE-INEN 776:212 Carne y productos cárneos. Muestreo (1er edición)*. <https://es.scribd.com/document/239851818/Nte-Inen-776>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2013a sept.18). *NTE-INE 1529-1:2013 Control microbiológico de los alimentos. Preparación de Medios de cultivo y*

reactivos. Resolución No.13285 (2013-08-13). Registro Oficial No.83.

<https://es.scribd.com/document/488092216/1529-1-1R>

Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2013b, sept.). *NTE-INE 1529-15:2013 Control microbiológico de los alimentos. Salmonella. Método de detección.*

<https://es.scribd.com/document/422765462/1529-15-1R>

Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2016, abril17). *NTE-INE 1338:2016 Meat and meat products. Raw meat products cured meat products and partially cooked-cooked meat products. Requirements.*

https://es.scribd.com/document/950286206/INEN-1338-3rd-Revision-1st-Amendment-Meats-and-Meat-Products?utm_source=chatgpt.com

Kalaba, V., Ilić, T., & Golić, B. (2021). Microbiological quality of minced meat and meat preparations. *Ветеринарски Журнал Републике Српске*, 21(1-2).

https://www.researchgate.net/publication/360835580_MICROBIOLOGICAL_QUALITY_OF_MINCED_MEAT_AND_MEAT_PREPARATIONS

Liu, C., Yao, K., Ren, D., & Xiao, Y. (2022). Prevalence and characterization of *Salmonella* from meat in slaughterhouses in Hangzhou, China. *International Journal of Food Microbiology*, 371, 109649.

<https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2022.109649>

Luna Holguin, R. A. (2021). *Análisis de carne porcina expendida en los mercados municipales del sureste de Guayaquil para la detección de Escherichia coli* [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador].

<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/LUNA%20HOLGUIN%20ROXANA.pdf>

Mazhar, M., Zhu, Y., & Qin, L. (2023). The Interplay of Dietary Fibers and Intestinal Microbiota Affects Type 2 Diabetes by Generating Short-Chain Fatty Acids. In *Foods* (Vol. 12, Number 5). MDPI. <https://doi.org/10.3390/foods12051023>

Ministerio de Agricultura Gobierno de Chile. (2021). Instructivo técnico de análisis para recuento de microorganismos aerobios mesófilos mediante técnica Petrifilm (AOAC method 990.12) (Código D-ATR-AAT-14, versión 03).

<https://www.sag.gob.cl/content/instructivo-tecnico-de-analisis-para-recuento-de-microorganismos-aerobios-mesofilos-mediante-tecnica-petrifilm-r-aoc-official-method-99012>

Osemwowa, E., Omoruyi, I. M., Kurittu, P., Heikinheimo, A., & Fredriksson-Ahomaa, M. (2021). Bacterial quality and safety of raw beef: A comparison between Finland and Nigeria. *Food Microbiology*, 100, 103860.

<https://doi.org/10.1016/J.FM.2021.103860>

- Quimiz Galarza, Y. N. (2024). *Evaluación de las características organolépticas de la carne de cerdo con la adición de harina de cabeza de camarón (Penaeus vannamei)* [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador]. <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/6275/1/Quimiz%20Galarza%20Yury%20Nolberto.pdf>
- Rao, S., Linke, L., Magnuson, R., Jaunch, L., & Hyatt, D. R. (2022). Antimicrobial resistance and genetic diversity of *Staphylococcus aureus* collected from livestock, poultry and humans. *One Health*, 15, 100407. <https://doi.org/10.1016/J.ONEHLT.2022.100407>
- Serhan, M., Hourieh, H., El Deghel, M., & Serhan, C. (2024). Hygienic sanitary risk and microbiological quality of meat and meat-contact surfaces in traditional butcher shops and retail establishments- lessons from a developing country. *International Journal of Environmental Health Research*, 34(1), 600–610. <https://doi.org/10.1080/09603123.2022.2161487>
- World Health Organization [WHO]. (2024, Oct.04). *Food safety*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>
- Xing, L., Cheng, M., Wang, S., Jiang, J., Li, T., Zhang, X., Yang, J., Tian, Y., & Liu, W. (2025). Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* contamination in meat and meat products: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in microbiology*, 16, 1636622. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1636622>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Alfa Publicaciones**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Alfa Publicaciones**.



Open policy finder
Formerly Sherpa services