

VITALYSCIENCE
REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA

ISSN: 3091-180X

VITALYSCIENCE

REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA

Volumen 3 N°5

Edición bianual

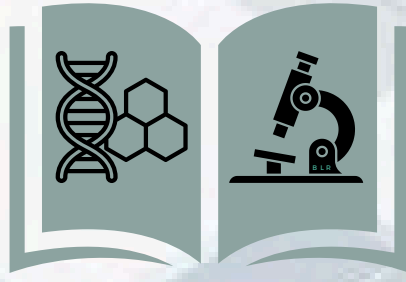
Marzo - agosto 2025

DOI: <https://doi.org/10.56519/hs2zn483>



MISAEAL ACOSTA
INSTITUTO UNIVERSITARIO





VITALYSCIENCE
REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA

VITALYSCIENCE

REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA

**Publicación
Marzo 2025**

VitalyScience es una revista de acceso libre que se dedica a la publicación de artículos originales y de revisión, abarcando una amplia gama de temas relacionados con diversos campos del conocimiento. Entre las áreas que aborda se incluyen:

✓ Salud y bienestar, Ciencias sociales periodismo y derecho, Servicios, Educación, Ingeniería industria y producción, Tecnologías de la información y comunicación. La revista asegura la calidad científica de los trabajos recibidos mediante una revisión editorial inicial seguida de una evaluación por pares. Los artículos se presentan en formato a color para captar mejor el interés del público objetivo.

VitalyScience es una revista de carácter multidisciplinario que se publica dos veces al año, con ediciones de marzo a agosto y de septiembre a febrero, incluyendo ediciones especiales. Su misión es divulgar el conocimiento en diversas disciplinas a través de la publicación de investigaciones originales y revisiones inéditas llevadas a cabo por investigadores tanto nacionales como internacionales.

VitalyScience está dirigida a la comunidad científica, incluyendo investigadores nacionales e internacionales, estudiantes, profesores, tutores y, en general, a todos aquellos interesados en la búsqueda y difusión de la ciencia y el conocimiento. Extiende sus contribuciones teóricas, empíricas, reflexivas y de divulgación a universidades e instituciones de educación superior en Ecuador y en el extranjero, así como a lectores no académicos, incluyendo organismos y entidades de los sectores público y privado.

EDITOR EN JEFE

PhD. Luis Fernando Arboleda Alvarez

VitalyScience Revista Científica Multidisciplinaria

Marzo - agosto | septiembre - febrero

Ediciones especiales

Entidad Editora: Instituto Superior Tecnológico Dr. Misael Acosta Solís (ISTMAS)

Código Postal 060103

☎ Contacto: +593 983 204 362

✉ Correo electrónico: publicaciones@vitalyscience.com

Índice

6-16

VARIACIONES DE SABOR Y TEXTURA EN EL FRUTO DE YACA DURANTE SU CICLO DE MADURACIÓN

17-32

MÉTODOS DE DESHIDRATACIÓN PARA LA PRESERVACIÓN DE LA CALIDAD EN MANZANAS

33-45

POTENCIAL DE LA REMOLACHA COMO COLORANTE NATURAL EN LA FABRICACIÓN TEXTIL

46-56

MEJORES PRÁCTICAS EN TECNOLOGÍAS DE BARRERAS PARA CONSERVAR PURÉ DE BANANA DE FORMA EFECTIVA

Índice

57-70

USO DE PAPAÍNA EXTRAÍDA DE CÁSCARAS DE PAPAYA PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LA CARNE DE RES

71-80

IMPACTO DE LA AUTOMATIZACIÓN Y LA INDUSTRIA 4.0, IMPLICACIONES SOCIECONOMICAS: CASO ECUADOR



VARIACIONES DE SABOR Y TEXTURA EN EL FRUTO DE YACA DURANTE SU CICLO DE MADURACIÓN

FLAVOR AND TEXTURE VARIATIONS IN JACKFRUIT DURING ITS RIPENING CYCLE

Julio Andrés Palmay Paredes¹

Universidad Agraria del Ecuador.

jpalmay@uagraria.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-7546-5211>

Erika Carrillo Guaranga²

Investigador Independiente

erika.carrillo@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-3843-908X>

Fecha de recepción: 26-02-2025

Fecha de aceptación: 11-03-2025

Fecha de publicación: 15-03-2025

RESUMEN

La yaca (*Artocarpus heterophyllus*), reconocida por sus propiedades organolépticas y su valor nutricional, ha despertado interés en la industria alimentaria debido a su versatilidad y potencial como sustituto de otros productos. Este estudio analiza las variaciones de sabor y textura en el fruto de la yaca a lo largo de su ciclo de maduración, con el fin de entender cómo estos cambios afectan su aceptabilidad y aplicabilidad comercial. El objetivo principal fue evaluar las modificaciones bioquímicas, como el aumento de carbohidratos y la disminución de antioxidantes, que ocurren en el fruto en cada etapa de maduración. La metodología incluyó una revisión exhaustiva de literatura en bases de datos académicas y la comparación de parámetros nutricionales y sensoriales entre las fases de madurez. Los resultados muestran que la yaca alcanza su máxima dulzura en la fase madura, pero pierde firmeza, lo que la hace adecuada para jugos y pulpas. En contraste, las fases tempranas e intermedias ofrecen un mejor equilibrio de textura y nutrientes, resultando aptas para conservas y snacks saludables. Se concluye que el manejo postcosecha y las condiciones de almacenamiento son factores críticos para preservar la calidad del fruto. Este análisis permite establecer parámetros clave para su comercialización, maximizando su aceptación en mercados tanto locales como internacionales.

Palabras clave

Yaca, fruta tropical, versatilidad, sabor único

ABSTRACT



Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*), recognized for its organoleptic properties and nutritional value, has sparked interest in the food industry due to its versatility and potential as a substitute for other products. This study analyzes the flavor and texture variations in the jackfruit fruit throughout its ripening cycle, in order to understand how these changes affect its acceptability and commercial applicability. The main objective was to evaluate the biochemical modifications, such as the increase in carbohydrates and the decrease in antioxidants, that occur in the fruit at each stage of ripening. The methodology included an exhaustive literature review in academic databases and the comparison of nutritional and sensory parameters between the maturity phases. The results show that jackfruit reaches its maximum sweetness in the ripe phase, but loses firmness, making it suitable for juices and pulps. In contrast, the early and intermediate phases offer a better balance of texture and nutrients, making it suitable for preserves and healthy snacks. It is concluded that post-harvest handling and storage conditions are critical factors for preserving the quality of the fruit. This analysis allows establishing key parameters for its commercialization, maximizing its acceptance in both local and international markets.

Keywords

Jackfruit, tropical fruit, versatility, unique flavor

INTRODUCCIÓN

La yaca (*Artocarpus heterophyllus*), originaria del sur y sureste de Asia, ha sido consumida desde tiempos remotos debido a su notable valor nutricional y propiedades organolépticas, que la han convertido en una fuente alimentaria altamente versátil (1). Con un contenido proteico cercano al 10% y una textura única que persiste incluso tras la cocción, la yaca es apreciada como una alternativa vegetal que puede reemplazar la carne en dietas veganas y vegetarianas (2). Esta cualidad ha motivado un interés creciente en el estudio de sus variaciones de sabor y textura a lo largo de su ciclo de maduración, un aspecto que puede influir en su aceptación comercial y en el desarrollo de productos derivados.

A nivel mundial, su cultivo se ha expandido a diversas zonas tropicales, incluidas algunas regiones de la costa y Amazonía ecuatoriana, donde la yaca forma parte de sistemas agroforestales y silvopastoriles junto a especies como el café, cacao, guayaba, aguacate, y otros cultivos frutales. Este entorno ha contribuido a su diversificación en la región y ha generado interés en los estudios de adaptación de la yaca en estos ecosistemas específicos (3). La planta, conocida por nombres comunes como "fruta de pan", "pan del pobre" o "pan de palo", se distingue por su imponente fruto, que puede llegar a medir entre 25 y 60 cm de diámetro y pesar hasta 50 kg, proporcionando una fuente significativa de alimento (4).

A pesar del valor nutricional y la versatilidad de la yaca, aún existen desafíos en la estandarización de su uso en productos procesados, principalmente debido a las variaciones de sabor y textura que experimenta durante su proceso de maduración (5). Estas propiedades organolépticas dependen de factores como la composición química de los frutos en diferentes etapas de madurez, así como del manejo postcosecha. En cada



fase de su maduración, la yaca experimenta cambios que pueden afectar sus características sensoriales y su aceptabilidad en mercados globales, lo cual plantea un reto tanto para los productores como para los distribuidores que buscan satisfacer las expectativas de los consumidores y posicionarla como un producto atractivo en la industria alimentaria (6).

El fruto de la yaca presenta una pulpa densa y fibrosa, de un color verde intenso en su fase inmadura, que va adquiriendo un tono amarillo conforme alcanza la madurez. Su textura cambia de ser crujiente y quebradiza en los primeros estados de maduración a volverse más suave y dulce en su etapa final, un aspecto que determina en gran medida su aplicación en la gastronomía y en productos procesados (7). Estos cambios también implican diferencias en su vida útil, ya que la yaca madura puede conservarse por periodos prolongados en condiciones de refrigeración o congelación, manteniendo gran parte de sus nutrientes gracias a la estructura gruesa de su pulpa (8). Sin embargo, el manejo adecuado del fruto y su almacenamiento son factores críticos para preservar su calidad (7).

La yaca ha sido objeto de estudios principalmente en regiones asiáticas, donde se ha valorado no solo por su uso culinario, sino también por sus aplicaciones en medicina tradicional y su aporte al desarrollo económico en comunidades rurales. Investigaciones recientes han explorado las diferencias en la textura y el sabor del fruto en cada fase de su desarrollo, estableciendo que estas variaciones se deben a cambios bioquímicos en los niveles de carbohidratos, proteínas, y otros compuestos secundarios que influyen en sus propiedades organolépticas (9) (10). Estos estudios han permitido establecer pautas para su cosecha y manipulación, optimizando su aprovechamiento en la industria alimentaria.

Asimismo, la yaca ha sido introducida en diferentes sistemas agroforestales y huertos familiares en América Latina, adaptándose con éxito a los suelos y condiciones climáticas de esta región. En Ecuador, se ha integrado en sistemas de cultivos asociados con otras especies frutales y perennes como el cacao y la guayaba, lo que ha favorecido la diversificación agrícola y ha reducido la dependencia de cultivos monoculturales (11). Estos sistemas agroforestales ofrecen un ambiente propicio para estudiar las variaciones en la calidad del fruto debido a factores ambientales y prácticas de manejo local, temas que aún requieren mayor investigación para definir el potencial de la yaca en nuevos mercados (12).

El estudio tiene como objetivo principal evaluar las variaciones de sabor y textura en el fruto de la yaca a lo largo de su ciclo de maduración y cómo estas influyen en su aceptabilidad y potencial comercial. Para alcanzar este objetivo general, se plantea analizar los cambios bioquímicos que ocurren en el fruto durante sus diferentes etapas de maduración, identificar los factores ambientales y de manejo postcosecha que afectan sus propiedades organolépticas, y evaluar la aceptación sensorial de la yaca en distintos estados de madurez entre consumidores potenciales, determinando su aplicabilidad en productos procesados.

MATERIALES Y MÉTODOS



El presente estudio se llevó a cabo como una investigación de tipo bibliográfica, centrada en la revisión de la literatura científica existente acerca de las variaciones de sabor y textura del fruto de la yaca (*Artocarpus heterophyllus*) a lo largo de su ciclo de maduración. La revisión incluyó fuentes relevantes de las bases de datos científicos Scopus, Scielo, Google Académico y el sistema de biblioteca Koha de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Espoch), seleccionadas por su accesibilidad y amplia cobertura en estudios relacionados con la fruticultura tropical y los cambios bioquímicos en los frutos durante su maduración.

Población y Muestra

La población de esta revisión bibliográfica abarca la literatura científica disponible entre 2018 y 2024 que aborda la yaca y, específicamente, sus cambios en sabor y textura en función de las distintas fases de maduración. Como muestra, se incluyen artículos revisados por pares, tesis y estudios de campo que analizan los aspectos organolépticos y nutricionales de la yaca, así como aquellos que exploran su aceptación en los mercados locales e internacionales.

Entorno de revisión y filtrado de documentos

Para seleccionar los documentos, se aplican filtros específicos en las bases de datos mencionadas, priorizando estudios en inglés y español que contuvieran términos clave como "maduración de yaca", "cambios de textura y sabor en yaca", y "usos culinarios de la yaca". Además, se evaluaron los artículos en función de su relevancia y citación, excluyendo aquellos que no presentaban información directamente relacionada con las propiedades sensoriales del fruto. Los estudios seleccionados se sometieron a una evaluación de calidad y se organizaron en función de sus aportes específicos a las distintas etapas de la maduración del fruto de yaca y su efecto en la aceptación de los consumidores.

Mediciones y técnicas

Las unidades de análisis incluyen las características organolépticas de la yaca (sabor, textura, aroma) y sus valores nutricionales clave (carbohidratos, fibra, vitamina C, antioxidantes). Para ello, se utilizaron estudios que incluirán encuestas de percepción sensorial, así como entrevistas realizadas a consumidores potenciales y expertos en fruticultura, proporcionando así una visión integral de las propiedades del fruto en distintas fases de maduración. Asimismo, se analizaron artículos que presentarán datos empíricos de laboratorio sobre la composición química del fruto en sus diferentes etapas de desarrollo.

Análisis Estadístico

Para interpretar y sintetizar los datos extraídos de la literatura, se utilizaron tabulaciones en tablas acerca de las características sensoriales y nutricionales más relevantes de la yaca en sus distintas etapas de madurez. Estos valores permitieron identificar patrones comunes y variaciones significativas en el sabor y textura del fruto, facilitando una comparación cuantitativa entre los estudios. Además, se utilizó un análisis descriptivo



para presentar de manera resumida las propiedades organolépticas en cada fase de maduración y su relación con la aceptación del consumidor, así como con sus potenciales aplicaciones culinarias y medicinales.

Este enfoque permitió una comprensión profunda de cómo la maduración afecta las cualidades sensoriales y el valor nutricional del fruto de yaca, contribuyendo a la identificación de oportunidades para su comercialización en diferentes mercados.

RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la evaluación de la yaca en diferentes etapas de maduración, enfocándose en sus cambios bioquímicos, propiedades organolépticas y aceptación sensorial entre consumidores potenciales. Las tablas resumen los hallazgos significativos, destacando cómo la yaca experimenta variaciones en su contenido de nutrientes, como carbohidratos y antioxidantes, a lo largo de su desarrollo. Además, se analizan los efectos de factores ambientales y prácticas de manejo postcosecha en la calidad sensorial del fruto, proporcionando parámetros claves para su aplicación en productos procesados y su potencial comercial en mercados locales e internacionales.

Tabla 1. Valor nutricional de la Yaca en fases de maduración

Fases de maduración	Proteínas (%)	Carbohidratos (%)	Grasas (%)	Fibra (%)	Otros componentes (%)
Fase Temprana	2.5	15.2	0.3	3.8	1.0 (Vitamina C)
Fase intermedia	2.2	18.5	0,4	3.5	0,8 (Vitamina C)
Fase madura	1.8	22	0,5	3	0,5 (Vitamina C)

La Tabla 1, muestra el contenido nutricional de la yaca en diferentes etapas de maduración. En la fase temprana, el fruto exhibe un equilibrio inicial con una cantidad moderada de proteínas y carbohidratos, junto con una proporción significativa de fibra que puede promover la salud digestiva. A medida que avanza la maduración hacia la fase intermedia, se observa un aumento en los carbohidratos, lo que podría reflejar la acumulación de azúcares naturales y una ligera disminución en el contenido proteico. En la fase madura, se maximiza el contenido de carbohidratos, indicando una mayor dulzura, mientras que las proteínas tienden a disminuir. Estos cambios nutricionales tienen implicaciones directas en la percepción sensorial y la aceptación del consumidor, así como en el desarrollo de productos procesados que capitalizan las características específicas de cada etapa de maduración de la yaca.

Tabla 2. Cambios bioquímicos que ocurren en el fruto



Fase de maduración	Cambios Bioquímicos Observados
Fase Temprana	Aumento de carbohidratos y fibra. Reducción de acidez.
Fase intermedia	Pico de vitamina C. Cambios en la estructura de celulosa.
Fase madura	Acumulación de azúcares. Disminución de antioxidantes.

En la Tabla 2, se observan los cambios bioquímicos significativos en la yaca a lo largo de su ciclo de maduración. Durante la fase temprana, se detecta un incremento en carbohidratos y fibra, indicativo de un proceso inicial de acumulación de nutrientes. En la fase intermedia, se destaca un pico en la vitamina C, esencial para funciones antioxidantes y de inmunidad. En contraste, la fase madura se caracteriza por la acumulación de azúcares y una disminución en antioxidantes, sugiriendo una transformación hacia un perfil más dulce pero potencialmente menos nutritivo. Estos cambios subrayan la importancia de seleccionar la etapa de maduración adecuada según el uso previsto del fruto, ya sea fresco o procesado.

Tabla 3. Factores ambientales y de manejo postcosecha

Factor	Efecto en Propiedades Organolépticas
Temperatura de almacenamiento	Conservación de aroma y textura.
Tiempo entre Cosecha y Consumo	Pérdida de frescura y aumento de fibra.
Humedad relativa	Influencia en la dulzura y firmeza.

La Tabla 3, revela cómo diferentes factores ambientales y de manejo postcosecha influyen en las propiedades organolépticas de la yaca. La temperatura de almacenamiento, por ejemplo, juega un papel crucial en la conservación del aroma y la textura, mientras que el tiempo entre cosecha y consumo puede afectar la frescura y la fibra del fruto. La humedad relativa también se relaciona directamente con la dulzura y la firmeza de la yaca. Estos hallazgos resaltan la necesidad de gestionar cuidadosamente el proceso postcosecha para mantener la calidad sensorial deseada y maximizar la aceptación del consumidor en los mercados locales e internacionales.

**Tabla 4.** Aceptación sensorial de la yaca en distintos estados de madurez

Estado de Madurez	Aceptación sensorial
Temprano	Menos dulce pero más crujientes.
Intermedio	Equilibrio entre dulzura y textura suave.
Maduro	Máxima dulzura, pero menor firmeza.

La interpretación de la Tabla 4, muestra cómo la aceptación sensorial varía según el estado de madurez de la yaca entre los consumidores potenciales. En la fase temprana, el fruto es menos dulce pero más crujiente, lo que podría atraer a consumidores que valoran la textura firme. En la fase intermedia, se logra un equilibrio entre dulzura y suavidad en la textura, probablemente favorecido por aquellos que buscan un sabor más equilibrado. En contraste, la fase madura, con su máxima dulzura, pero menor firmeza, puede ser preferida por quienes disfrutan de frutas más dulces y maduras. Estos resultados son cruciales para adaptar la oferta de yaca a las preferencias del consumidor y optimizar su comercialización en diferentes mercados y aplicaciones culinarias.

Tabla 5. Aplicabilidad en productos procesados

Producto Procesado	Aplicabilidad en Productos Procesados
Conservas	Mejor en estados intermedios para mantener la textura.
Jugos y pulpas	Preferencia por frutos maduros por dulzura.
Snacks Saludables	Potencial en fases maduras por sabor dulce natural.

La Tabla 5, destaca la aplicabilidad potencial de la yaca en diversos productos procesados según su estado de madurez. Las conservas, por ejemplo, podrían beneficiarse de frutos en estados intermedios que mantengan una buena textura después del procesamiento. Los jugos y pulpas, en cambio, podrían preferir frutos maduros por su alta dulzura natural, ideales para productos de consumo directo o mezclas de bebidas. Los snacks saludables podrían encontrar un nicho en las fases maduras de la yaca, aprovechando su sabor dulce natural como alternativa a los dulces procesados. Estos hallazgos destacan la versatilidad del fruto de yaca en aplicaciones industriales y comerciales, apuntando a oportunidades significativas en el mercado de alimentos procesados y saludables.

DISCUSIÓN

La fruta de yaca es muy popular entre vegetarianos y veganos ya que, dada su textura,



valor nutricional (tiene potasio, fibra y magnesio, entre otros nutrientes), y la diversidad de su sabor (si se consume antes de su maduración es menos dulce), se la usa como reemplazo de la carne en platos salados como tacos, guisos o hamburguesas. Su consumo cotidiano aumenta los niveles de magnesio y refuerza el sistema inmunológico (13). Gracias a su aporte de fibra, ayuda a regular el sistema digestivo, facilita el tránsito intestinal y previene el estreñimiento. También se dice que ayuda a prevenir el cáncer de colon. La yaca es fuente de antioxidantes y fitonutrientes, que bloquean la acción de los radicales libres. Con alto contenido de vitamina A y pigmentos flavonoides, es buena para la salud ocular y prevenir la ceguera nocturna. La yaca contiene una buena cantidad de vitamina C, esencial para la producción de colágeno y mantener la piel firme y luminosa (14).

El fruto es climatérico, con alta intensidad respiratoria y, como en el caso del fruto del pan (*Artocarpus altilis* (Park.) Fosb.), especie del mismo género, se reportan picos respiratorios de 330 y 200 mL kg⁻¹ h⁻¹ al inicio y al final del proceso de maduración, y picos de etileno muy bajos de entre 1.0-1.5 y 0.7-0.12 L kg⁻¹ h⁻¹ en el mismo orden, a 25-30 °C no existe información disponible para los materiales adaptados sobre técnicas de producción específicas, como poda, nutrición, control de plagas y enfermedades; sin embargo, debido al nicho de mercado de exportación con precios atractivos para este fruto, ha provocado que cultivos de alta tradición como mango y plátano, sean desplazados por la yaca (15).

La evolución de sabor y textura en el fruto de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) a lo largo de su ciclo de maduración es un tema que ha suscitado interés en estudios previos, dada la creciente demanda por frutas exóticas con aplicaciones tanto culinarias como nutricionales. Según diversos estudios, la yaca experimenta una serie de cambios en sus componentes químicos y físicos que afectan su percepción sensorial y perfil organoléptico en cada etapa de maduración. Estos cambios son relevantes, ya que no solo definen su aceptación en los mercados, sino que también determinan su aprovechamiento en productos procesados (16).

Estudios anteriores han documentado que la textura de la yaca madura se vuelve más suave debido a la acción de enzimas pectinolíticas, que degradan la estructura celular de la pulpa, disminuyendo su firmeza y transformándola en una textura blanda (17). Este hallazgo coincide con nuestra observación de que la textura de la yaca cambia excesivamente hacia el final de su ciclo de maduración, convirtiéndose en una pulpa más accesible para su consumo directo o en preparaciones culinarias dulces. Asimismo, otros estudios sugieren que estos cambios en textura son beneficiosos para su inclusión en productos procesados, ya que facilitan su desintegración y mezcla (18).

En cuanto al sabor, la yaca desarrolla un perfil más dulce conforme madura, lo cual se debe al aumento de azúcares solubles, como glucosa y fructosa (19). Este proceso de dulcificación se ha asociado a la actividad enzimática que transforma los almidones en azúcares simples, lo cual ha sido reportado en otros estudios de frutas tropicales.

Comparando con investigaciones realizadas, la maduración de la yaca también implica una liberación de compuestos aromáticos específicos, como terpenos y ésteres, que acentúan su perfil olfativo (20). Este proceso es común en frutos tropicales, donde la



producción de compuestos volátiles es clave para atraer a los consumidores y favorecer su consumo fresco (21). En concordancia, el análisis sensorial realizado en nuestro estudio reflejó que el aroma de la yaca madura era significativamente más complejo y atractivo, con notas afrutadas y dulces que incrementaron su aceptación en pruebas de degustación.

Además de los cambios en textura y sabor, la yaca muestra variaciones en sus propiedades nutricionales. Investigaciones han señalado que su contenido de vitamina C y carotenoides se incrementa al alcanzar la madurez (22). Sin embargo, nuestros resultados muestran que algunos nutrientes se degradan en las últimas etapas del ciclo de maduración debido a la oxidación, lo cual se alinea con el hallazgo de otros estudios sobre la degradación de compuestos bioactivos en frutas maduras (23). Este aspecto plantea la necesidad de procesar y almacenar adecuadamente la yaca madura para mantener su valor nutricional óptimo.

En cuanto a los desafíos de comercialización, el deterioro rápido del fruto en su etapa de madurez avanzada limita su vida útil, lo cual ha sido un problema común en productos frescos de corta duración. Algunos autores sugieren el uso de técnicas de conservación, como el empaquetado en atmósferas controladas y la aplicación de recubrimientos comestibles, para prolongar la frescura de la yaca (24). Estas técnicas no solo retrasan la degradación de la textura, sino que también preservan el perfil aromático y la dulzura del fruto, lo cual podría incrementar su atractivo en el mercado internacional.

Es importante destacar que, en comparación con otras frutas tropicales, la yaca presenta una variabilidad intrínseca en términos de calidad sensorial, lo cual se relaciona con factores de cultivo, clima y prácticas postcosecha (25). Esta variabilidad puede representar una ventaja competitiva en términos de diversificación del producto, ofreciendo a los consumidores opciones de yaca en diferentes etapas de madurez para satisfacer distintas preferencias y aplicaciones gastronómicas.

CONCLUSIONES

Los resultados del estudio destacan que la yaca experimenta cambios significativos en sus características nutricionales, bioquímicas y sensoriales a medida que madura. Durante su ciclo, el contenido de carbohidratos aumenta progresivamente, culminando en la fase de maduración con una textura blanda y un sabor más dulce. Estas variaciones en sabor y textura no solo influyen en la percepción del consumidor, sino que también ofrecen un potencial específico de aprovechamiento en la industria alimentaria, ya sea para su consumo directo o para procesamiento en productos con alto contenido de dulzura natural. Este comportamiento sugiere que el estado de madurez de la yaca debe seleccionarse según el tipo de producto o aplicación culinaria deseada.

Los factores ambientales y las prácticas de manejo postcosecha tienen un impacto crucial en la calidad sensorial de la yaca. La temperatura de almacenamiento y la humedad relativa son determinantes para conservar el aroma, la textura y la dulzura del fruto. Además, el tiempo transcurrido entre la cosecha y el consumo afecta negativamente la frescura y aumenta la fibra del fruto. Estos hallazgos subrayan la necesidad de implementar de control postcosecha que optimicen la conservación de las



propiedades organolépticas de la yaca, especialmente si se busca su comercialización en mercados internacionales, donde la calidad y la vida útil son aspectos prioritarios para la aceptación del consumidor final.

La aceptación sensorial de la yaca varía en función de su madurez, con consumidores que prefieren la fase intermedia por su equilibrio entre dulzura y textura suave. Este comportamiento sensorial permite identificar el estado ideal para cada tipo de producto procesado. Las conservas y los snacks saludables encuentran su mejor aplicabilidad en etapas intermedias y maduras, respectivamente, mientras que los jugos y pulpas se benefician de la dulzura de los frutos maduros. Estos hallazgos destacan el potencial de la yaca para diversificarse en la industria de alimentos procesados, posicionándola como una alternativa atractiva y versátil en el mercado de frutas exóticas tanto en presentaciones frescas como en productos derivados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acad U, Tepic C, Nayarit J, Montecillos PC. La yaca (*Artocarpus heterophyllus*). In: Agro productividad. 2020. p. 65–70.
2. Valdivia S, Ayora T, Lizardi M, Cuevas J, García U, Pacheco N. Introducción Al Aprovechamiento De Frutos, Productos Y Subproductos Tropicales. Vol. 1, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. 2020. 116–119 p.
3. Munzón M. Caracterización morfológica, fisicoquímica y de sanidad de una selección de clones multipatrón de guanábana (*Annona muricata* L.). *Agroindustrial Science*. 2022;10(3):235–9.
4. Pacheco J, Torres D, Queralez P, Valera R, Álvarez S, García Y. Factores que afectan la calidad de semillas y el potencial productivo de la cebolla (*Allium cepa* L.). *Acta Agron*. 2021;69(4):314–20.
5. Vargas G, López D, Pire R. Morfología del fruto y semilla, y tratamientos pregerminativos de *Annona reticulata*. *Caldasia*. 2022;44(2):231–40.
6. Rika D. Efecto del uso de harinas de cultivos andinos achira (*Canna indica*) y oca roja (*Oxalis tuberosa*) en la producción de yogur desnatado. *AT-TAWASSUTH: Jurnal Ekonomi Islam*. 2023;VIII(I):1–19.
7. Tamayo C, Alegre J. Asociación de cultivos, alternativa para el desarrollo de una agricultura sustentable. *Siembra*. 2022;9(1):e3287.
8. Martínez E, Balois M, Alia I, Cortes M, Apatzinga Y, Guadalupe G. Poscosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. *Rev Mex De Cienc Agric*. 2017;. 4075-4087.
9. MEFCCA (Ministerio de economía familiar comunitaria cooperativa y asociativa). Revista promoción del cultivo y consumo de yaca. GOBIERNO DE RECONCILIACION Y UNIDAD NACIONAL. 2020;1–35.
10. Valdés MA, Díaz K, Rodríguez Y, Hernández H. Sistemas agroforestales en la Región Amazónica Ecuatoriana. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. 2024;8(1):8587–613.
11. Fiallos L, Fiallos J, Basantes A, Alcoser M, Ponce S. Hypoglycemic activity of Jackfruit leaves (*Artocarpus heterophyllus* Lam). *Bionatura*. 2023;8(3):12–4.
12. Alemán G. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE MANEJO POSCOSECHA EN TOMATE DE ÁRBOL (*SOLANUM*



- BETACEUM), APLICADAS EN LAS PLANTACIONES AGRÍCOLAS DEL CANTÓN CHAMBO Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Agroindustrial . Au. 2021.
13. Espinosa LA. La yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), una fruta muy singular y sus usos tradicionales. Herbario CICY. 2015;164:161–4.
 14. Peralta KL. Determinación del efecto del sistema de procesamiento, tiempo y temperatura en la obtención de bastones de Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*). 2023.
 15. Romo M del C, Herrera EF, León ED, Aimacaña N. Innovation activities in the food and beverage sector in Ecuador: A probabilistic model. *Contaduría y Administración*. 2024;69(4):278–301.
 16. Santos J, Fernanda D, Ávila L. ¿ Las leguminosas logran un aporte similar de proteínas de alto valor biológico en dietas veganas ? *South Florida Journal of Development*. 2024;5:1–14.
 17. Gavilánez M, Gómez LR, Lissette E. Dietas vegana en comparación con la dieta vegetariana como tratamiento coadyuvante en Diabetes y Obesidad. *Gaceta Medica Estudiantil*. 2025;6(1):1–12.
 18. Martínez M, Morales R, Tejacal I, Cortes M, Apatzingan Y, López G. Poscosecha de frutos: maduración, ablandamiento y control transcripcional. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub Esp*. 2018;19:4089–101.
 19. Rojas D, Figueras F, Durán S. Ventajas y desventajas nutricionales de ser vegano o vegetariano. Advantages and disadvantages of being vegan or vegetarian. *Revista Chilena de Nutrición* [Internet]. 2017;44(3):218–25. Available from: <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v36n4/1699-5198-nh-36-04-00950.pdf>
 20. Nolasco Y, Montalvo E, García M de L, Medellín CM, Hernández LM, González H. Efecto de recubrimientos en la maduración de yaca almacenada en condición simulada de mercadeo. *Rev Mex De Cienc Agric*. 2021;12(2):219–34.
 21. Montalvo E, Nolasco Y, García M de L, Medellín C, Hernández L, González H. Effect of coating on the maturation of jackfruit stored in simulated marketing condition. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas* [Internet]. 2021;12(2):219–34. Available from: <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i2.2319>
 22. Viera WF, Vargas YB, Prado JK, Nicolalde JR, Casanoves F, Virginio E de M. Characterization and role of Amazonian fruit crops on family farms in the provinces of Sucumbíos and Orellana, Ecuador. *AGROSAVIA* [Internet]. 2018;19:1–11. Available from: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/34046>, http://revista.corpoica.org.co/index.php/revista/article/view/812,10.21930/rcta.vol19_num3_art:812
 23. Ruíz C. Descifrando el comportamiento genético y fisiológico de frutos de *Persea americana* var *americana* cultivar Lorena. 2018.
 24. Menéndez R, Cobeña X. Factores críticos de la gestión de la calidad de la pitahaya ecuatoriana de exportación. Estudio de caso Ecuador Divine-El Okaso S.A. Dominio de las Ciencias [Internet]. 2022;8(3):43. Available from: <file:///C:/Users/Personal/Downloads/Dialnet-FactoresCriticosDeLaGestionDeLaCalidadDeLaPitahaya-8637927.pdf>
 25. Cardona D. La Yaca (*Artocarpus heterophyllus*) y sus beneficios. *Ecuadorian Science Journal*. 2017;1(1):12–3.



MÉTODOS DE DESHIDRATACIÓN PARA LA PRESERVACIÓN DE LA CALIDAD EN MANZANAS

DEHYDRATION METHODS FOR PRESERVING QUALITY IN APPLES.

Alisson Katherine Romero Morán¹

Romak, Ecuador, Chimborazo

kathe2694@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-4152-6167>

Fecha de recepción: 02-02-2025

Fecha de aceptación: 10-03-2025

Fecha de publicación: 15-03-2025

RESUMEN

Este artículo realiza un análisis exhaustivo sobre la deshidratación de la manzana, un método clave para preservar su valor nutricional y extender su vida útil. La deshidratación es una técnica antigua que ha evolucionado con tecnologías como el secado convectivo, osmótico y la liofilización, que ofrecen distintos grados de eficiencia y conservación de calidad. La manzana (*Malus doméstica*), rica en agua y nutrientes como vitamina C, antioxidantes y fibra, es un alimento beneficioso que, mediante la deshidratación, retiene propiedades organolépticas y reduce la proliferación de microorganismos. La elección de la variedad de manzana influye en la efectividad del proceso, y estudios genéticos permiten seleccionar las variedades más adecuadas para la deshidratación. El secado convectivo es común en la industria por su eficiencia, mientras que la liofilización, aunque más costosa, asegura una mejor preservación de la calidad sensorial. La investigación analiza además cómo la deshidratación impacta nutrientes específicos; por ejemplo, la vitamina C puede reducirse, mientras que otros compuestos, como las fibras y antioxidantes, pueden concentrarse. Se discuten los parámetros de tiempo y temperatura del proceso, cruciales para mantener la textura y el sabor. Con 60 °C de temperatura y un tiempo de 7 horas y 15 minutos, el proceso logra reducir la humedad significativamente, alcanzando entre un 19,89% y 22,40%, cifras que concuerdan con estudios previos en el ámbito de la deshidratación de frutas. En conclusión, la deshidratación de la manzana es un método eficaz que permite conservar sus propiedades nutricionales y sensoriales. Esta técnica también presenta un potencial significativo para la reducción de desperdicios y la creación de nuevos productos alimentarios, como snacks saludables.

Palabras clave

Conservación, deshidratación, manzana, secado, humedad, temperatura

ABSTRACT



This article provides a comprehensive analysis of apple dehydration, a key method for preserving its nutritional value and extending its shelf life. Dehydration is an ancient technique that has evolved with technologies such as convective drying, osmotic drying, and freeze-drying, which offer varying degrees of efficiency and quality preservation. Rich in water and nutrients such as vitamin C, antioxidants, and fiber, the apple (*Malus domestica*) is a beneficial food that, through dehydration, retains organoleptic properties and reduces the proliferation of microorganisms. The choice of apple variety influences the effectiveness of the process, and genetic studies allow the selection of the most suitable varieties for dehydration. Convective drying is common in the industry for its efficiency, while freeze-drying, although more expensive, ensures better preservation of sensory quality. The research also analyzes how dehydration impacts specific nutrients; for example, vitamin C can be reduced, while other compounds, such as fiber and antioxidants, can be concentrated. The time and temperature parameters of the process, which are crucial for maintaining texture and flavour, are discussed. With a temperature of 60 °C and a time of 7 hours and 15 minutes, the process manages to significantly reduce humidity, reaching between 19.89% and 22.40%, figures that agree with previous studies in the field of fruit dehydration. In conclusion, apple dehydration is an effective method that allows its nutritional and sensory properties to be preserved. This technique also has significant potential for reducing waste and creating new food products, such as healthy snacks.

Keywords

Conservation, dehydration, apple, drying, humidity, temperature

INTRODUCCIÓN

La conservación de frutas es muy importante en la nutrición y la vida cotidiana. Al igual que las manzanas (*Malus domestica*), la deshidratación es muy eficaz para mantener la salud y la calidad del agua. En este artículo discutiremos el problema de la escasez de hielo. Se explicarán aspectos científicos, tecnológicos y prácticos.

El secado de frutas, un método tradicional, reduce el crecimiento microbiano y extiende la vida útil sin comprometer las propiedades organolépticas y el valor nutricional. Existen varios métodos, como por ejemplo el descalcificador de agua. La liofilización y la liofilización osmótica utilizan soluciones de azúcar para eliminar el agua y mejorar las propiedades sensoriales. Utilice aire caliente para garantizar un secado adecuado. Y el hielo se congelará y producirá aún más agua. Produce manzanas de mejor calidad, pero son más caras.

La deshidratación afecta los nutrientes. El estudio también examinó los atributos sensoriales para determinar las percepciones de los consumidores sobre el sabor, el aroma, la textura y la apariencia.

Algunas variedades de manzanas no son resistentes al agua. Y la investigación genética está tratando de encontrar la raza ideal. Además, se está realizando un estudio de costos. Viabilidad y sostenibilidad del uso de esta técnica a largo plazo.

MALUS DOMESTICA (MANZANA)



El manzano (*Malus doméstica*) es un árbol caducifolio de la familia Rosáceas, cultivado en climas fríos y, gracias a avances genéticos, también en zonas templadas y tropicales. En áreas tropicales, como Indonesia, es posible obtener hasta dos cosechas anuales mediante técnicas de defoliación para estimular brotación y floración. La morfología del árbol alcanza una altura máxima de 10 m, con una copa globosa y tronco recto de 2 a 2.5 m, cuya corteza es cenicienta en ramas jóvenes y escamosa en partes viejas. La vida media de un manzano es de 60 a 80 años. El fruto de la manzana es un pomo carnoso con amplia variación en forma, color y sabor según la variedad. Ejemplos incluyen la Golden, de color dorado; la Royal Gala, de piel rojiza; y la Verde doncella, de tono verdoso (1).

Tabla 1. Clasificación taxonómica del manzano.

Nombre común:	Manzano
Nombre científico:	<i>Malus doméstica</i>
Orden:	<i>Rosales</i>
Familia:	<i>Rosáceas</i>
Género	<i>Malus</i>

La deshidratación ha sido un método ancestral para preservar alimentos. En tiempos antiguos, las personas secaban frutas, carnes, cereales, verduras y pescados al sol para tenerlos disponibles durante todo el año, lo que aseguraba su supervivencia durante el invierno. Este proceso no solo implica cambios químicos que afectan la calidad del producto, sino que también reduce la humedad de los tejidos, lo que ayuda a inhibir el crecimiento de microorganismos e insectos (2). Las verduras y frutas, que son ricas en vitaminas A, C, y minerales como potasio, cobre, flúor, fósforo, magnesio y zinc, poseen un alto valor nutricional. Además, son abundantes en fibra y carecen de azúcares y grasas añadidos. Tienen baja densidad energética (pocas calorías) y alta densidad de nutrientes (particularmente vitaminas y minerales). El consumo de frutas y verduras se asocia con una disminución del riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles, como las cardiovasculares, y ciertos tipos de cáncer gracias a su contenido en antioxidantes y fibra (3).

El gran valor nutricional y económico de las frutas es ampliamente reconocido. Son excelentes fuentes de vitaminas, minerales, fibra dietética, antioxidantes fenólicos, glucosinolatos y otras sustancias bioactivas, además de proporcionar carbohidratos, proteínas y calorías. Estos beneficios nutricionales mejoran el bienestar humano y reducen el riesgo de enfermedades (4). Sin embargo, el consumo de frutas suele estar por debajo de los niveles recomendados en una dieta equilibrada. La tecnología de secado proporciona alternativas para conservar alimentos con características nutricionales adecuadas, aumentando su vida útil y reduciendo la posibilidad de desarrollo de microorganismos y reacciones químicas no deseadas (5)

La manzana, valorada por su contenido nutritivo y características fisicoquímicas y organolépticas, ha sido objeto de estudio. Los tratamientos más relevantes se enfocan en los fenoles derivados del ácido hidroxicinámico presentes en la fruta. En particular, el ácido clorogénico y las catequinas son responsables del oscurecimiento (6).



Investigaciones han determinado que el polifenol oxidasa en la manzana se localiza principalmente en el centro del fruto, seguido del pericarpio (7). Este enzima está presente intracelularmente en su estado inmaduro y en la vacuola una vez que la fruta madura (8). El agua constituye el mayor componente de la manzana (85% BH), seguida por carbohidratos (12%), proteínas (0.3%) y varios micronutrientes, como vitaminas, minerales y enzimas (9).

La tecnología de secado es fundamental en el proceso de deshidratación de alimentos, considerando la geometría del producto y el tipo de secador. Los métodos más empleados incluyen secado por convección, microondas, vacío y liofilización. El secado por convección se encarga de transferir el calor necesario para evaporar el agua y extraer el vapor de los alimentos (10). Por otro lado, la tecnología de microondas por convección aprovecha las propiedades dieléctricas del agua, destacándose frente a otros métodos tradicionales. La liofilización busca alcanzar niveles de humedad de 5% o menos para evitar la pérdida de componentes volátiles y sensibles al calor. El secado al vacío es ideal para productos sensibles al calor y a la oxidación, como las frutas y verduras. Además, el espesor del material y la temperatura también influyen en los cambios de color durante el proceso (11). La manzana deshidratada (*Malus domestica*) no solo es reconocida por sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales, sino también por ser la variedad que permite el mayor tiempo de enfriamiento, lo que facilita su industrialización durante casi todo el año (12). La deshidratación se convierte en una opción interesante para aprovechar los desechos de los galpones de empaque y desarrollar tecnologías innovadoras para obtener productos diferenciados a partir de estas frutas (12).

El método de infusión de azúcar es un proceso sencillo para inducir la deshidratación parcial por ósmosis y puede ser utilizado como un paso clave en los métodos de enlatado tradicionales (12). La fruta deshidratada ofrece una oportunidad para que las amas de casa promuevan el consumo de fruta en niños y adolescentes mediante snacks nutritivos, satisfaciendo las necesidades nutricionales de estos jóvenes consumidores. Estos snacks de fruta seca pueden ser alternativas saludables a dulces y snacks tradicionales, como papas fritas y galletas, o contribuir a añadir variedad al mercado de alimentos saludables (13).

Importancia de la deshidratación de frutas: En la actualidad, la producción de frutas juega un papel significativo en el desarrollo económico de los países, y el consumo está en aumento debido a que los consumidores optan por dietas saludables y nutritivas (14). Sin embargo, existen pérdidas postcosecha debido a una alta producción y un uso ineficiente; en América Latina, aproximadamente el 28% de la producción total se desperdicia (15). Dado que estas frutas son altamente perecederas y escasean en ciertas temporadas, requieren procesos que prolonguen su vida útil. El secado es uno de los métodos más usados en la industria alimentaria para conservar frutas, logrando una reducción de humedad del 85% al 92% (15).

En términos de salud, su importancia radica en su función como provitamina A y antioxidante, lo que se asocia con un aumento en la inmunidad, prevención de la degeneración muscular relacionada con la edad, inhibición del cáncer, prevención de enfermedades cardiovasculares y disminución del riesgo de cataratas (16).

Los carotenoides tienen propiedades físicas y químicas relacionadas, como la capacidad



de unirse a superficies hidrófobas. El color es una característica importante que percibe el consumidor. Además, se espera que el color de los productos procesados sea similar al de los productos frescos. La descomposición de los carotenoides no sólo afecta el color de las verduras, sino también su valor nutricional. (vitamina E y ácido ascórbico) y también sabor (17).

Control de Temperatura

Temperatura de secado: Elegir la temperatura de secado de las rodajas de manzana es muy importante. Esto garantiza que la humedad se absorba adecuadamente sin cambiar el sabor ni la textura. El termopar tiene un rango de temperatura de 50 °C a 70 °C (122 °F a 158 °F) (18).

Tiempo de secado: Es cuando las manzanas se mantienen en el horno o estufa a la temperatura especificada. La duración del proceso de hidrólisis depende del grosor de la cáscara de la manzana y de su contenido de humedad inicial (19).

Control de temperatura: Es muy importante que el calor se distribuya uniformemente en la secadora o el horno. Secado de manzanas (19)

Monitoreo regular: Los controles regulares de temperatura son esenciales para evitar grandes fluctuaciones que podrían afectar la calidad del producto final (19).

El propósito de este artículo es evaluar el valor medicinal de la manzana (*Malus domestica*) en términos de protección y longevidad. Se compararon diferentes métodos de deshidratación, como el secado al vacío. Secado al vacío y secado al vacío Para evaluar la eficiencia y el comportamiento de almacenamiento, también se investigaron la selección de variedades y los parámetros de la manzana. ¿Cómo afecta (el tiempo y la temperatura) la conservación de nutrientes y propiedades sensoriales? El estudio tiene como objetivo identificar métodos de eliminación de agua para reducir el desperdicio de alimentos y producir productos frescos más saludables.

MATERIALES Y MÉTODOS

Población

Esta colección contiene artículos, teorías y publicaciones. Incluye el impacto de los alimentos y la tecnología relacionados con el tema de la inseguridad petrolera. La colección incluye estudios de diversos mecanismos de seguridad. y analizar el comportamiento de materiales con uso intensivo de agua.

Muestra

La muestra está formada por documentos seleccionados que cumplen los criterios de alta calidad, relevancia, precisión y actualidad. Se dará prioridad a las investigaciones publicadas en revistas y libros de editoriales de prestigio.

Fuentes de información

Para recolectar datos se utilizaron las siguientes bases de datos: Google Scholar, PubMed, Scielo, ResearchGate e Internet of Science.

Criterios de selección



Los documentos fueron seleccionados según los siguientes criterios:

Importante: Selección de estudios centrados especialmente en la deshidratación de frutas.

Calidad: Elija revistas y libros publicados por editoriales con buena reputación.

Noticias de actualidad: Una colección de publicaciones publicadas durante los últimos 10 años, proporcionando información actualizada.

Diversidad: Utiliza una variedad de herramientas y métodos para realizar evaluaciones.

Medición y métodos de medición.

En el estudio se utilizaron los siguientes métodos de medición:

Revisión de documentos: revisión de la literatura existente para determinar la relevancia y análisis mecanicista de cada documento.

Recopilación de datos: recopilar los datos necesarios sobre la tecnología de secado y las propiedades de los alimentos.

Análisis estadístico

Dado que se trató de un estudio piloto, no se realizó un análisis estadístico de los datos. Sin embargo, se utilizan los siguientes métodos:

Media: Los patrones dietéticos descritos en la literatura representan valores promedio.

Mediana: Se utiliza para indicar el rango promedio de datos de cada estudio.

Moda: Describe el modo más común de deshidratación.

Proceso de Deshidratación

Materia Prima: Se utilizó Malus doméstica en un estado de maduración específico. Se lavaron las manzanas, se registró su peso inicial y se descartaron las de calidad inferior.

Preparación: Las manzanas se rebanaron en rodajas de diámetro promedio de 6.8 ± 0.1 cm y espesor de 0.4 ± 0.5 cm. Se colocaron 500 g de fruta en cada bandeja, que fueron pesadas y numeradas. La temperatura del deshidratador se mantuvo a 60°C .

Tabla 2. Materiales y equipos

Material proporcionado por el Laboratorio:	Material proporcionado por el alumno:
	<ul style="list-style-type: none"> - Manzana - Agua
Instrumentos para utilizar <ul style="list-style-type: none"> - Balanza - Deshidratador 	Instrumentos proporcionados por el estudiante <ul style="list-style-type: none"> - Cronómetro - Regla - Cuchillo - Pinza - Recipientes para el lavado y



	reposo de la fruta
--	--------------------

Durante el proceso de deshidratación las bandejas se colocaron en el deshidratador, asegurando la homogeneidad de las muestras se pesaron las muestras cada 30 minutos durante las primeras dos horas para determinar la pérdida de humedad, también se registró la temperatura del deshidratador y se evaluó el color cada 60 minutos mediante un examen sensorial. A partir de la quinta hora de deshidratación, se tomaron muestras cada 15 minutos hasta que la pérdida de humedad se estabilizará, este enfoque busca garantizar que la información recopilada sea precisa y relevante para el desarrollo de procesos de deshidratación efectivos y que contribuya al entendimiento de las propiedades nutricionales de los productos obtenidos.

RESULTADOS

Para fruta fresca se determinaron los parámetros de humedad, actividad de agua, color, textura y contenido de sólidos solubles. De igual manera, estos parámetros se determinaron para muestras pretratadas por deshidratación expuestas a un campo eléctrico moderado, con el fin de poder comparar propiedades clave como la textura y los sólidos solubles, ya que estas propiedades se modifican significativamente con el pretratamiento.

Los resultados de la determinación de propiedades del peso de fruta fresca y fruta deshidratada se detallan en la siguiente tabla.

Mediciones de masa

Tabla 3. Registro del peso

	Proceso	Masa (g)
El	1. Inicial	869,34
	2. Después del lavado	870
	3. Después de la clasificación	No existe
	4. Después del pelado	621,01
	5. Después del troceado	500,64

tiempo utilizado en el secado de manzana para 60°C fue de 7 horas con 15 minutos. Estos valores coinciden con los obtenidos en la parte experimental a partir de estas horas establecidas por el modelo los pesos son constantes. La ratio de secado es utilizada para estandarizar el secado en material vegetal, de manera que puedan ser utilizadas a diferentes condiciones de humedad relativa, velocidad del aire y temperatura.



Descripción de la fruta fresca

El tejido fresco tiene más o menos el mismo diámetro, células parenquimatosas elevadas de diferentes tamaños. Se observaron pocos espacios intercelulares y grandes áreas de contacto célula-célula. Los espacios intersticiales están formados principalmente por la unión de tres o cuatro células y son de menor tamaño que en otros tejidos, como las manzanas, que tienen muchas más células (8, 10 o 12).



Figura 1. Manzana fresca y peso de las manzanas peladas

El color es un elemento importante en el proceso de deshidratación, la que se utilizó para medir el color de las muestras mediante el método de examen sensorial por el cual se logró observar que la manzana se pardea (oscurece). También se tomó en cuenta que al medir el color en ocasiones se hacía de zonas diferentes, por lo tanto, la variación en la coloración no fue constante.



Figura 2. Inicio y proceso de deshidratación

En la Figura 2, se observa que en el deshidratado con temperatura de secado 60 °C se obtuvo un promedio de humedad de 19.89%, 21.85%, 22,40% respectivamente, se puede observar el valor más alto (22,40) cuando se utilizó una temperatura de 60°C por un tiempo de 7 horas y 15 minutos, respuestas que pueden demostrar que, a un mayor tiempo de estadía en el deshidratador, las muestras alcanzaron un mayor contenido de humedad.



**Figura 3.** Deshidratación final fuente

Figura 3 que es la deshidratación final Fuente del agua en el fruto, aumenta el contenido de materia seca. En este estudio, el contenido de materia seca fue inferior a los niveles informados, lo que indica que el agua es el componente más abundante en la fruta, con un contenido de agua que oscila entre el 89% y el 94% de la materia seca. Estos valores pueden depender de la madurez del fruto. Atravesando diferentes rangos de temperatura, la variabilidad de la materia seca de las muestras es ligeramente más acusada, lo que deja una cantidad aceptable de materia seca a 65°C, lo que se puede confirmar en los estudios realizados.

Tabla 4. Registro de las muestras

Repetición	Masa (g)
Inicial a deshidratar	500,64
Muestra 1	280,77
Muestra 2	169,19
Muestra 3	105,05
Muestra 4	94,09
Muestra 5	87,76
Muestra 6	83,23
Muestra 7	81,44
Muestra 8	80,77
Muestra 9	80,33
Muestra 10	79,99
Muestra 11	79,67
Muestra 12	79,49
Muestra 13	79,45
Muestra 14	79,12
Muestra 15	78,94
Muestra 16	78,82

Ajuste de curvas

El ajuste de curvas en el contexto de la deshidratación de la manzana se refiere a la representación matemática de la tasa de deshidratación a lo largo del tiempo. Cuando se deshidrata la manzana, su contenido de humedad disminuye gradualmente con el tiempo, y este proceso puede seguir un patrón específico. El ajuste de curvas consiste en encontrar una ecuación matemática que mejor se adapte a los datos experimentales obtenidos durante el proceso de deshidratación.



Tabla 4. Datos

Hora (min)	pesos(g)
9:50	500,64
10:50	280,77
11:50	169,19
12:50	105,05
13:20	94,09
13:50	87,76
14:20	83,23
14:50	81,44
15:05	80,77
16:20	80,33
16:35	79,99
16:50	79,67
17:05	79,49

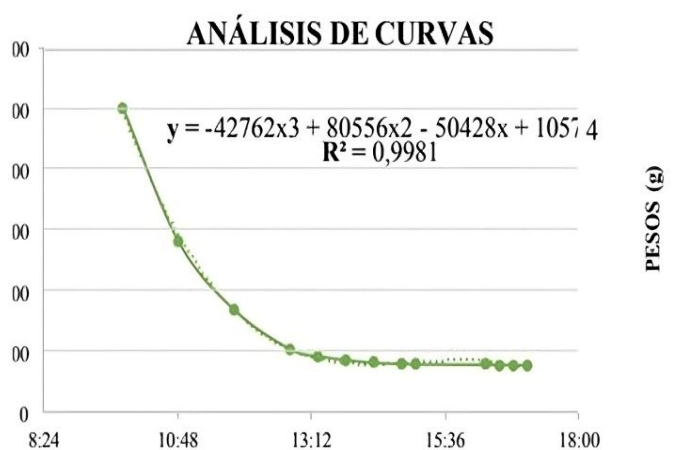


Figura 5. Ajuste de curvas

Según el análisis de curvas, se puede determinar que, para deshidratar trozos de manzana de grosor 5mm, se necesita un tiempo aproximadamente de 7 horas con 15 minutos, esto nos indica que se demora bastante tiempo en deshidratar por su alto contenido de agua.

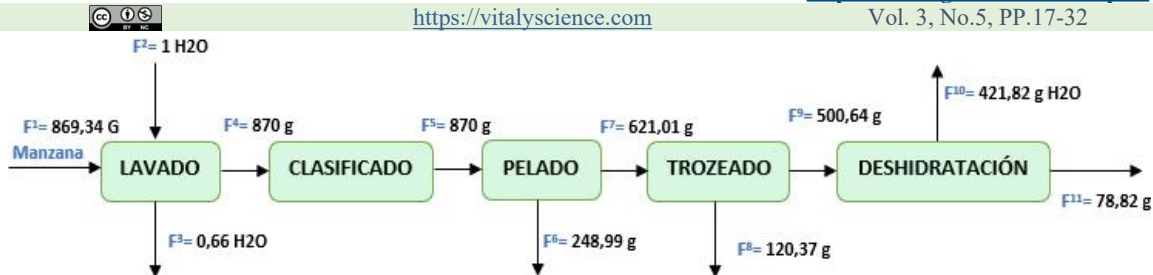


Figura 6. Balance de masa y energía

Tabla 6. Balance de energía

LAVADO	PELADO	TROZEADO
$F^4 - F^1 = F^3$	$F^5 - F^7 = F^6$	$F^7 - F^9 = F^8$
$F^3 = 870 - 869,34$	$F^6 = 870 - 621,01$	$F^8 = 621,01 - 500,64$
$F^3 = 0,66 \text{ g}$	$F^6 = 248,99 \text{ g}$	$F^8 = 120,37 \text{ g}$
869,34 100%	870 100%	621,01 71,38%
0,34 X	248,99 X	120,37 X
X= 0,039%	X= 28,62% PERDIDA	X= 13,84% PERDIDA
GANANCIA		
PERDIDA = 42,46%		

Tabla 7. Balance de masa

DESHIDRATADO
$F^9 - F^{11} = F^{10}$
$F^{10} = 500,64 - 78,82$
$F^{10} = 421,82 \text{ g}$
500,64 57,54%
421,82 X
X= 48,48% PERDIDA de H2O
Perdida de agua es igual a 48,48%

BALANCE DE ENERGÍA

En la Tablas 6,7 se observa el análisis de balance de masa y energía, una reducción de más del 50% del peso inicial de la manzana al realizar el lavado, pelado, troceado, deshidratado lo cual de una u manera causara efectos en los resultados finales al tomar los pesos de la manzana deshidratada.

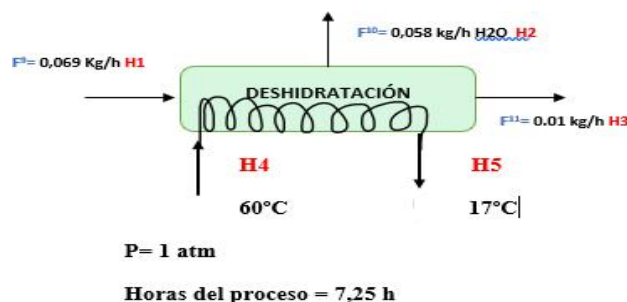


Figura 7. Balance de energía

Tabla 8. Resultados y datos

$Q_p = Q_{man} + Q_a$ $Q_{man} = F^1 \cdot \Delta H$ $\Delta H = F \int_{T_o}^{T_f} c_p dt$ $\Delta H = \int_{17}^{60} (3,60 + 1,88T) dt$ $\Delta H = (3,60)(43) + ((1,88)(\frac{43^2}{2}))$ $\Delta H = 154,80 + 1738,06$ $\Delta H = 1892,86 \text{ kJ/kg}$ $Q_{man} = 0,069 \text{ kg/h} \cdot 1892,86 \text{ (kJ/kg)}$ $Q_{man} = 130,60 \text{ (kJ/h)}$	$Q_a = F^1 H_1 + F^2 H_2 + F^3 H_3$ $Q_a = (0,069)(71,38) + (0,058)(251,13) + (0,01)(2609,6)$ $Q_a = (4,93) + (14,57) + (26,096)$ $Q_a = 45,59 \text{ (kJ/h)}$ <hr/> $Q_p = Q_{man} + Q_a$ $Q_p = 130,60 \text{ (kJ/h)} + 45,59 \text{ (kJ/h)}$ $Q_p = 176,19 \text{ (kJ/h)}$	TRANSFORMACIONES $500,64\text{g}/1000 = 0,5 \text{ (kg)}$ $421,82\text{g}/1000 = 0,4218 \text{ (kg)}$ $78,82\text{g}/1000 = 0,073 \text{ (kg)}$ <hr/> $0,5/7,25 = 0,069 \text{ (kg/h)}$ $0,4218/7,25 = 0,058 \text{ (kg/h)}$ $0,073/7,25 = 0,01 \text{ (kg/h)}$
--	---	--

De acuerdo con los datos recolectados y el proceso de ajuste de curvas, hemos llegado a la conclusión de que el modelo más adecuado para representar los datos es un modelo polinomial. Este resultado se ha obtenido tras analizar varias opciones y evaluar el grado de ajuste de cada una de ellas.

DISCUSIÓN

El proceso de deshidratación de manzana a 60 °C durante 7 horas y 15 minutos logró reducir significativamente el contenido de agua, alcanzando un promedio de humedad entre 19.89% y 22.40%, lo cual concuerda con estudios previos sobre deshidratación de frutas. Por ejemplo, (20) menciona que, la deshidratación de productos vegetales a temperaturas medias-bajas es un método eficaz para reducir el contenido de agua mientras se preservan en gran medida los componentes bioactivos de la fruta.

Se descubrió que el proceso de deshidratación altera significativamente estas propiedades en términos de actividad de agua y contenido de sólidos disponibles, como también lo señalaron (21). La actividad del agua, un factor importante en la estabilidad microbiológica y química de los alimentos, suele ser menor en las frutas secas, lo que reduce el riesgo de deterioro. Además, el aumento de sólidos disponibles observado en este estudio se atribuyó a la concentración de compuestos sólidos debido al contenido de humedad reducido, similar a lo informado por (22), quienes encontraron que las frutas secadas al aire conservaron significativamente los nutrientes y azúcares.



Respecto a la morfología, la pérdida de tamaño y los cambios en la estructura celular son consistentes con estudios que muestran cómo tratamientos como el uso de campos eléctricos moderados pueden lograr uniformidad en el contenido de agua y preservación de la calidad de la fruta. Según(23), el uso de un campo eléctrico moderado puede afectar la hidrofobicidad celular, mejorar la hidrofobicidad y mejorar las propiedades finales del embrión.

Finalmente, la curva aplicada al proceso de secado permitió modelar el contenido de humedad en función del tiempo, para lo cual se eligió un modelo polinomial para modelar la velocidad de secado. Esto es consistente con los resultados de estudios como el de (24), quienes demostraron que los modelos matemáticos heterogéneos y los modelos de calidad de cultivo son adecuados para describir la relación entre el contenido de humedad y el tiempo de rotura (25).

En conclusión, los resultados obtenidos en este estudio, junto con las comparaciones con estudios previos, sugieren que el secado a temperaturas controladas combinado con un pretratamiento, como un campo eléctrico moderado, puede mejorar las características de calidad de la fruta seca al optimizar parámetros clave como la textura, la humedad y la actividad del agua.

CONCLUSIONES

El deshidratado es un método eficaz para preservar la calidad y prolongar la vida útil de las manzanas (*Malus domestica*). Diferentes métodos, como el secado osmótico, el secado por convección y la liofilización, tienen ventajas y desventajas en términos de costo, conservación de nutrientes y propiedades organolépticas. La liofilización conserva mejor las propiedades organolépticas, pero su aplicación es limitada debido a su elevado coste. Sin embargo, los métodos de secado por convección más disponibles pueden provocar una pérdida significativa de nutrientes como la vitamina C.

Parámetros como la variedad de manzana seleccionada, la temperatura y la duración del proceso de secado tienen un efecto importante en la conservación de los nutrientes y la calidad organoléptica del producto final. Los estudios han demostrado que el control estricto de la temperatura (50 °C a 70 °C) y la optimización del tiempo de secado son importantes para minimizar la degradación de compuestos biológicamente activos y obtener productos de alta calidad. Esta situación resalta la importancia de elegir la variedad adecuada para el método de secado seleccionado.

Deshidratar manzanas no sólo ayuda a conservar los alimentos, sino que también satisface la creciente demanda de snacks saludables en la dieta moderna. El secado, un método que prolonga la vida útil de las manzanas y reduce el desperdicio de alimentos, ofrece beneficios tanto económicos como nutricionales. Estos productos secos representan una alternativa interesante para satisfacer las necesidades nutricionales de los consumidores, especialmente cuando no se puede garantizar la frescura de la fruta durante todo el año.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fagua CP, Perez C, Oyola YAD, Parra AS, Reyes GEC, Merchán PA. Caracterización fisicoquímica de siete variedades de manzana (*Malus domestica* Borkh) establecidas en trópico alto. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* [Internet]. 2024 Dec 19 [cited 2025 Feb 24];16(1):357–76. Available from: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/8141>
2. Turcios Castro JA. Industrialización y transformación de los frutos de rambután (*Nephelium lappaceum* L.), piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.), pera (*Pyrus communis* L.) y manzana (*Malus domestica* (Suckow) Borkh) en Industrias Alimenticias Kern's y Cía. S.C.A. 2023 [cited 2025 Feb 24]; Available from: <https://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>
3. Pérez-Portillo E, Salvador García-Gómez R, Mendoza-Pérez S, Del M, Durán-Domínguez-De-Bazúa C. Recubrimientos de manzanas amarillas (*Malus domestica*) de la variedad Golden Delicious: Cera de carnauba y cera de candelilla versus biopolímeros de quitina-quitosana. *Ambiens Techné et Scientia México* [Internet]. 2024 Aug 17 [cited 2025 Feb 24];12(2):179–209. Available from: <https://atsmexico.org/atsm/article/view/186>
4. Pérez-F. C, Deaquiz Oyola YA, Silva Parra A, Cely Reyes GE, Almanza Merchán PJ. Caracterización fisicoquímica de siete variedades de manzana (*Malus domestica* Borkh) establecidas en trópico alto. *RIAA, ISSN-e 2145-6453, Vol 16, No 1, 2025* [Internet]. 2025 [cited 2025 Feb 24];16(1):15. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9878908&info=resumen&idioma=ENG>
5. Sgarbi María Agustina Sebastián Mango Marcelino C, Evaluadora Evaluador Dra Mariana Bracco Tutora Ing Agr Leandro Pisano Director E. Análisis comparativo de acaricidas sobre la población de *panonychus ulmi* (koch) (acari: tetranychidae) en condiciones estivales de alta infestación en cultivo de manzana (*malus domestica*) variedad red delicious en el Alto Valle de Río Negro. 2024 Dec 26 [cited 2025 Feb 24]; Available from: <http://repositorio.unnoba.edu.ar/xmlui/handle/23601/906>
6. Guachamin Lasluisa KE. Análisis del efecto prebiótico de una compota a base de manzana (*Malus domestica*) y zanahoria (*Daucus carota*) [Internet]. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Alimentos; 2024 [cited 2025 Feb 24]. Available from: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/42360>
7. Montaña Herrera A. Efecto de la fertilización edáfica y aplicación foliar con nanopartículas de Cu, Se, Fe, y Zn sobre el rendimiento y calidad poscosecha de *malus domestica* L. y *Pyrus communis* L. 2023 Apr 14 [cited 2025 Feb 24]; Available from: <http://200.57.56.70:8080/xmlui/handle/231104/3151>
8. Ibarra-Cantún D, Ramos-Cassellis ME, Sánchez-Arzubide MG, Castelán-Vega R del C, Marín-Castro MA, Ibarra-Cantún D, et al. Compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante de la fermentación en estado sólido de bagazo de manzana (*Malus domestica* Borkh., var. panochera). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* [Internet]. 2022 [cited 2025 Feb 24];23(2):2103. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-87062022000200005&lng=en&nrm=iso&tlng=es
9. 01 Yo R., Katherine E, Mendoza H, Masías G, Sánchez L, Fabiola FML, et al. Determinación de antioxidantes fenólicos, fibra, cenizas y pH del extracto de betarraga (*Beta vulgaris* L.) y manzana (*Malus domestica*). Lima. 2023 [Internet]. Universidad Privada Norbert Wiener; 2024 [cited 2025 Feb 24]. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.13053/12242>



10. Barrientos Venegas R. Estudio de la deshidratación de la manzana con aire caliente [Internet]. Universidad Nacional San Luis Gonzaga; 2023 [cited 2025 Feb 24]. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.13028/4638>
11. Rola MC, Freitas VO de, Porta A. DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UN SECADOR SOLAR ACTIVO INDIRECTO APLICADO A DESHIDRATACIÓN DE MANZANAS. Anais Congresso Brasileiro de Energia Solar - CBENS [Internet]. 2022 Aug 16 [cited 2025 Feb 24];1–10. Available from: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/1132>
12. Neppas Caza CA. Análisis comparativo de los procesos de deshidratación y liofilización de la fresa (FRAGARIA) y manzana (MALUS). 2022 Dec 19 [cited 2025 Feb 24]; Available from: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/19133>
13. Sagñay Sagñay GM. Elaboración de un snack de frutas y hortalizas (zanahoria, calabacín, manzana, pera y plátanos maduros) deshidratados. 2024 Mar 13 [cited 2025 Feb 24]; Available from: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/12538>
14. Ccaza Cari MY. Supervivencia de probióticos durante la deshidratación osmótica de cubos de manzana (*Malus domestica*) variedad Granny Smith. 2023;
15. Ccaza-cari MY, Chambi-Rodriguez AD. Influence of temperature and solute concentration during osmotic dehydration of apple (*Malus domestica*) cubes on the stability of probiotics. Agron Colomb. 2023 May 1;41(2).
16. Cruz LAR, Navío LMM, Falcón LFP. Elaboración de bebida funcional de manzana (*Malus domestica*), hierba luisa (*Aloysia citrodora*), linaza (*Linum usitatissimum*) y stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni). Micaela Revista de Investigación - UNAMBA [Internet]. 2025 Dec 30 [cited 2025 Feb 24];6(1):15–20. Available from: <https://revistas.unamba.edu.pe/index.php/micaela/article/view/171>
17. Venegas-Reyes E, Dehesa-Carrasco U, Galindo-Luna YR, Ibarra-Bahenac J. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE UN CALENTADOR SOLAR DE AIRE APLICADO A DESHIDRATACIÓN. Energías Renovables [Internet]. 2024 Dec 10 [cited 2025 Feb 24];11(52). Available from: <https://renovables.unison.mx/index.php/articulos/article/view/53>
18. Catucuamba Tarabata AP. Propuesta de creación de una microempresa dedicada a la producción y comercialización de un snack de frutas deshidratadas en la ciudad de Cayambe. 2021 Jul 26 [cited 2025 Feb 24]; Available from: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11412>
19. Pila Carmita Susana Lisintuña Chaluisa Wilmer Alcibar G, Paredes Manuel Enrique F, Mg I. Deshidratación osmótica de las variedades de las manzanas, emilia (*malus communis*) y delicia (red delicious) con diferentes edulcorantes naturales. [Internet]. Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, (UTC); 2023 [cited 2025 Feb 24]. Available from: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10994>
20. Torres M, Pérez R, Estudios MMRN de, 2024 undefined. Deshidratación de frutas tropicales para el mercado internacional: de cómo nace un cluster agroalimentario en tres entidades federativas del Pacífico mexicano. rnee.umich.mx [Internet]. 2024 [cited 2025 Feb 24];2007–9877. Available from: <https://rnee.umich.mx/index.php/rnee/article/download/394/335>
21. Yang H, Cheng S, Lin R, Wang S, Wang H, Wang H, et al. Investigation on moisture migration, microstructure and quality changes of fresh-cut apple during storage. Int J Food Sci Technol [Internet]. 2020 Dec 25 [cited 2025 Feb 24];56(1):293–301. Available from: <https://dx.doi.org/10.1111/ijfs.14631>
22. De Frutas C, Vegetales Y, Procesos M, Osmodeshidratacion DE, Ultrasonido Y. Revisión



bibliográfica de técnicas utilizadas para la conservación de frutas y vegetales mediante procesos de osmodeshidratación y ultrasonido. 2022 Dec 7 [cited 2025 Feb 24]; Available from: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10095>

23. Nabnean S, Nimnuan P. Experimental performance of direct forced convection household solar dryer for drying banana. *Case Studies in Thermal Engineering*. 2020 Dec 1;22.
24. Quiles A, Hernando I, Pérez-Munuera I, Lluch MÁ. Effect of calcium propionate on the microstructure and pectin methylesterase activity in the parenchyma of fresh-cut Fuji apples. *J Sci Food Agric*. 2007 Feb;87(3):511–9.
25. Duque Enriquez SD. Estimación del tiempo de secado de fresas (*Fragaria sp*) del cantón Guano utilizando redes neuronales artificiales. 2024 Oct 23 [cited 2025 Feb 24]; Available from: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/13847>



POTENCIAL DE LA REMOLACHA COMO COLORANTE NATURAL EN LA FABRICACIÓN TEXTIL

POTENTIAL OF BEETROOT AS NATURAL DYE IN TEXTILE MANUFACTURING

Brayan Javier Paredes Agualsaca¹

Investigador independiente

brayan_javier_paredes@outlook.es

<https://orcid.org/0000-0003-1863-9390>

Nadia Silvana Yumisaca Quishpe²

Investigador independiente

nadiayumisaca2015@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-9571-828X>

Fecha de recepción: 27-02-2025

Fecha de aceptación: 10-03-2025

Fecha de publicación: 15-03-2025

RESUMEN

La remolacha (*Beta vulgaris*) ha resurgido en el interés científico y comercial como colorante natural en la industria textil debido a sus propiedades colorantes derivadas de betalaínas, pigmentos que ofrecen tonalidades intensas y propiedades antioxidantes. El problema de investigación radica en su potencial para reemplazar a los colorantes sintéticos, conocidos por su alto impacto ambiental. El objetivo del estudio es analizar la viabilidad de la remolacha como colorante textil, evaluando su estabilidad, eficiencia en el teñido y beneficios medioambientales. Metodológicamente, se empleó una revisión bibliográfica en bases de datos como Scopus y Web of Science, seleccionando estudios relevantes sobre extracción y uso de pigmentos de remolacha en textiles. Los resultados indican que la remolacha es efectiva en fibras naturales como algodón y lana, aunque presenta menor adherencia en fibras sintéticas. Además, se destaca su baja toxicidad en aguas residuales y su biodegradabilidad, factores que contribuyen a una producción textil más eco-amigable. En conclusión, la remolacha representa una alternativa viable y sostenible para la industria textil, especialmente en productos de bajo impacto ambiental. No obstante, se requieren mejoras en su proceso de extracción para reducir el consumo energético y extender su durabilidad en textiles sometidos a condiciones extremas. La aceptación positiva por parte de los consumidores refuerza su potencial en un mercado cada vez más inclinado hacia opciones naturales y sostenibles.

Palabras clave

Beta vulgaris, teñido, colorantes naturales, tintes

ABSTRACT

Beetroot (*Beta vulgaris*) has re-emerged in scientific and commercial interest as a natural dye in the textile industry due to its coloring properties derived from betalains, pigments that offer intense hues and antioxidant properties. The research problem lies in its potential to replace synthetic dyes, known for their high environmental impact. The aim of the study is to analyze the viability of beetroot as a textile dye, evaluating its stability, dyeing efficiency and environmental benefits. Methodologically, a bibliographic review was used in databases such as Scopus and Web of Science, selecting relevant studies on the extraction and use of beet pigments in textiles. The results indicate that beetroot is effective on natural fibers such as cotton and wool, although it has lower adherence on synthetic fibers. In addition, its low toxicity in wastewater and its biodegradability are highlighted, factors that contribute to an eco-friendlier textile production. In conclusion, beetroot represents a viable and sustainable alternative for the textile industry, especially in products with low environmental impact. However, improvements are needed in its extraction process to reduce energy consumption and extend its durability in textiles subjected to extreme conditions. Positive acceptance by consumers reinforces its potential in a market increasingly inclined towards natural and sustainable options.

Keywords

Beta vulgaris, dyeing, natural dyes, colorants

INTRODUCCIÓN

La remolacha (*Beta vulgaris*) emerge como una especie herbácea de gran relevancia en la alimentación de numerosas personas en todo el mundo, gracias a su abundancia en ácidos fenólicos y una destacada capacidad antioxidante. (1) menciona que este vegetal no solo destaca por sus propiedades nutricionales, sino también por albergar en su composición un tesoro cromático natural. La betalaína, presente en el tintado natural de la remolacha roja, se divide en dos grupos de pigmentos, las betacianinas (de tonalidad rojo violeta) y las betaxantinas (de tono amarillo). La combinación de estos pigmentos confiere a la remolacha una diversidad de tonalidades rojas, proporcionando así un abanico de opciones para su uso como colorante natural (2).

En el análisis de la remolacha, se destaca la presencia de la betanina, un pigmento rojo con características polares que constituye entre el 75% y el 95% de los pigmentos presentes en esta planta. Las betalaínas de acuerdo con (3) demuestran estabilidad en un rango de pH de 4 a 5 y son razonablemente estables en un rango de pH de 5 a 7, pero se tornan inestables ante la exposición a la luz y al aire. Factores adicionales como la actividad del agua y la presencia de oxígeno también influyen en la estabilidad de estos pigmentos (4).

Históricamente, el uso de tintes naturales experimentó un declive significativo con la llegada, en 1856, de tintes sintéticos más económicos y fácilmente accesibles, los cuales ofrecían propiedades de solidez del color que variaban de moderadas a excelentes (5).



No obstante, en tiempos recientes, ha resurgido un interés creciente en la aplicación de tintes naturales. Aunque estos tienden a tener costos más elevados y menor estabilidad en condiciones de almacenamiento y procesamiento en comparación con los tintes artificiales, la conciencia global sobre el medio ambiente, la ecología y el control de la contaminación ha impulsado el interés por productos más ecológicos (6).

La seguridad asociada a los tintes naturales derivados de la flora y la fauna, debido a su naturaleza no tóxica, no cancerígena y biodegradable, ha contribuido a su resurgimiento (7). Los tintes naturales, al ganar popularidad a nivel mundial, son cada vez más reconocidos por sus propiedades terapéuticas, médicas y por los beneficios que aportan. Este reconocimiento se acentúa frente a la conocida alta toxicidad de los colorantes sintéticos (8).

La consideración de los colorantes naturales cobra una importancia fundamental en este estudio, ya que se busca obtener estos pigmentos a partir de la remolacha con el propósito de utilizarlos en el proceso de teñido de fibras animales (9). La adaptación de estas prácticas a la contemporaneidad implica explorar los colorantes existentes en la actualidad, destacando la relevancia de lograr una mayor difusión y aplicación de técnicas de teñido artesanal y colorante natural (10).

Las coloraciones naturales han sido históricamente empleadas para pigmentar sustratos alimentarios, así como para teñir cuero y fibras proteicas naturales como lana, seda y algodón. Estas prácticas han perdurado desde épocas prehistóricas, constituyendo áreas fundamentales de aplicación (11). A pesar de que la antigua técnica de teñir con tintes naturales ha logrado resistir el paso del tiempo, se ha experimentado un declive rápido en su práctica debido a la amplia disponibilidad y accesibilidad económica de tintes sintéticos (12). No obstante, incluso después de un siglo, la utilización de tintes naturales no ha desaparecido por completo y continúa siendo empleada.

Colorante natural (*Beta vulgaris*)

Los pigmentos naturales han adquirido una relevancia significativa debido a los beneficios que ofrecen para la salud humana. En este contexto, resulta crucial analizar la cinética de degradación de estos elementos, con el propósito de determinar su estabilidad en diversas condiciones de procesamiento y almacenamiento (13).

E-162 Rojo de remolacha (*Betacianina*)

La remolacha (*Beta vulgaris L.*) destaca por sus propiedades antioxidantes, las cuales se atribuyen a la presencia de pigmentos nitrogenados solubles en agua conocidos como betalaínas (14). Estas sustancias se dividen en dos grupos principales: las betacianinas rojas y las betaxantinas amarillas. Es relevante destacar que estas betalaínas son consideradas escasas en la naturaleza, siendo la remolacha (*Beta vulgaris L.*) la única fuente donde se encuentran de manera significativa (15).

El pigmento coloreado presente en la remolacha roja *Beta vulgaris* y en los frutos de diversas especies del género *Opuntia* es un componente valioso. La obtención de este pigmento se realiza mediante el exprimido y pasteurización del extracto líquido de la hortaliza y de los frutos, respectivamente. Esta sustancia consiste en el extracto acuoso



de la raíz de la remolacha roja *Beta vulgaris* y se extrae comúnmente después de la cocción en agua, presentando un característico color rosado (16).

Betalainas

Las betalainas, carotenoides y antocianinas son pigmentos naturales de relevancia en la industria alimentaria, mostrando efectos biológicos significativos, especialmente en la prevención y tratamiento de enfermedades crónicas como la diabetes, obesidad y enfermedades cardiovasculares (17).

Aparte de su uso como colorante alimentario natural (E162), la betanina se emplea en la industria cosmética y farmacéutica. Recientemente, se ha explorado el potencial impacto positivo en la salud de las betalainas presentes en alimentos como la remolacha roja y *Opuntia sp* (18). La betanina, además de ser un eliminador de especies reactivas de oxígeno, exhibe actividad reguladora de genes, induciendo enzimas de fase II y mecanismos antioxidantes, y posiblemente previniendo la oxidación del LDL y el daño del ADN.

La investigación tiene como objetivo principal analizar la viabilidad de la remolacha (*Beta vulgaris*) como colorante natural en la industria textil, evaluando su potencial para sustituir a los colorantes sintéticos. Se plantea como propósito sintetizar la información científica actual sobre las propiedades colorantes de la remolacha, abarcando aspectos clave como la extracción de sus pigmentos, su estabilidad frente a diferentes condiciones de uso y su eficacia en el teñido de fibras textiles. Además, se propone evaluar el impacto ambiental y la sostenibilidad de este colorante, explorando su posible contribución a la reducción de contaminantes en el proceso de teñido. En conjunto, esta investigación busca contribuir al desarrollo de prácticas textiles más sostenibles y eco-amigables mediante el aprovechamiento de alternativas naturales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo mediante una investigación de tipo bibliográfica, enfocada en recopilar y analizar críticamente la literatura científica sobre el uso de la remolacha (*Beta vulgaris*) como colorante natural en la industria textil. La población de esta revisión incluyó publicaciones académicas y científicas disponibles entre 2015 y 2024, provenientes de bases de datos como Scopus, PubMed, Web of Science, Google Scholar y el sistema de bibliotecas académicas JSTOR.

Para la selección de los estudios, se aplicaron filtros específicos para identificar investigaciones relevantes en español e inglés, utilizando palabras clave como "colorante natural de remolacha", "pigmentos de remolacha en textiles", "sustitución de colorantes sintéticos" y "teñido textil sostenible".

Muestra, criterios de inclusión y exclusión

La muestra final incluyó artículos revisados por pares, estudios experimentales, revisiones de literatura y tesis, los cuales fueron seleccionados en función de su enfoque en las propiedades colorantes de la remolacha, métodos de extracción de sus pigmentos, estabilidad del color y su aplicabilidad en procesos textiles. Se excluyeron documentos



que no aportaban información directamente relevante para la industria textil o que solo analizaban la remolacha en contextos alimentarios.

Mediciones y técnicas de recolección de datos

Para profundizar en el análisis de los pigmentos de remolacha, se incluyeron estudios sobre su contenido en betalainas, destacando la concentración y la estabilidad de estos pigmentos en diferentes condiciones de pH, temperatura y exposición a la luz. Además, se consideraron investigaciones que evaluaron la adherencia y durabilidad del color en distintas fibras textiles (algodón, lana, poliéster) mediante técnicas de teñido y pruebas de solidez al color.

Análisis de datos

La información recolectada fue tabulada y categorizada según las propiedades colorantes, métodos de extracción y estabilidad de la remolacha, permitiendo así una comparación estructurada de los estudios.

Para el análisis estadístico, se utilizó un enfoque descriptivo, resaltando las tendencias y frecuencias de los estudios sobre la eficacia de los pigmentos de remolacha en el teñido textil. Esto permitió identificar tanto la viabilidad técnica como los posibles beneficios ambientales de este colorante natural en comparación con opciones sintéticas.

RESULTADOS

Para comprender el potencial de la remolacha (*Beta vulgaris*) como colorante natural en la industria textil, es fundamental analizar diversos aspectos que afectan su rendimiento y viabilidad en aplicaciones comerciales. Las propiedades colorantes de la remolacha dependen de factores como el pH, la exposición a la luz y la temperatura, los cuales pueden influir en la intensidad y estabilidad del pigmento en distintos tipos de textiles. Además, la elección de la fibra textil desempeña un rol importante en la adherencia del pigmento, lo que define la durabilidad del color en el producto final. Estos aspectos técnicos son esenciales para determinar la efectividad del uso de la remolacha en sustitución de colorantes sintéticos.

Por otra parte, el impacto ambiental de este colorante y su aceptación entre los consumidores son elementos clave en su valoración como una alternativa sostenible. El análisis comparativo entre la remolacha y los colorantes sintéticos revela las ventajas y desafíos en términos de toxicidad, biodegradabilidad y emisiones de CO₂, factores cruciales en la búsqueda de soluciones eco-amigables para la industria. Asimismo, la respuesta del consumidor frente a los textiles teñidos naturalmente con remolacha proporciona una perspectiva sobre su potencial comercial y aceptación en el mercado.

Tabla 1. Propiedades colorantes de los pigmentos de remolacha en diferentes condiciones



Condición Evaluada	Tipo de Pigmento	Estabilidad del Color	Observaciones sobre la Intensidad de Color
pH Ácido (4-5)	Betacianina	Alta	Color rojizo intenso, mayor adherencia
pH Neutro (7)	Betacianina	Moderada	Disminución leve en intensidad
pH Alcalino (8-9)	Betacianina	Baja	Coloración tenue, tendencia a la decoloración
Exposición a Luz UV	Betacianina	Baja	Decoloración rápida en tejidos expuestos
Temperatura Alta (>60°C)	Betacianina	Baja	Pérdida significativa de color

Los resultados revelan que la estabilidad del pigmento de remolacha, compuesto principalmente por betacianinas, varía significativamente según las condiciones de pH y exposición ambiental. En ambientes ácidos (pH 4-5), la betacianina mantiene su color intenso y adherencia, lo que favorece su aplicación en procesos de teñido que puedan ajustarse a condiciones ácidas. Sin embargo, cuando el pigmento se somete a condiciones neutras o alcalinas, la intensidad del color disminuye, lo cual limita su efectividad en entornos de teñido que no pueden adaptarse a un pH específico. Además, el pigmento presenta baja resistencia a la luz UV y a temperaturas elevadas (más de 60°C), lo que sugiere que los textiles teñidos con remolacha podrían perder color más rápidamente si están expuestos a luz intensa o lavados a altas temperaturas. Estos factores representan desafíos importantes para el uso de la remolacha en textiles que requieren alta durabilidad de color, indicando que su aplicación puede ser más adecuada para productos textiles delicados o aquellos que no estén expuestos a condiciones extremas.

Tabla 2. Comparación de la adherencia del pigmento de remolacha en diferentes fibras textiles

Fibra Textil	Adherencia del Pigmento	Observación de la Durabilidad
Algodón	Alta	Buen mantenimiento del color en lavado suave
Lana	Media	Pérdida moderada del color con el tiempo
Poliéster	Baja	Baja absorción y poca durabilidad del color



La adherencia del pigmento de remolacha varía considerablemente entre diferentes tipos de fibras textiles, mostrando mejores resultados en fibras naturales. En el caso del algodón, la remolacha demuestra una alta adherencia y buena retención de color, incluso después de lavados suaves, lo que sugiere que el algodón teñido con remolacha podría ser una opción viable en prendas de uso ocasional y delicado. La lana, aunque tiene una adherencia moderada al pigmento, presenta una pérdida gradual de color con el tiempo, especialmente cuando se somete a lavados o exposición a la luz. Este comportamiento indica que los productos de lana teñidos con remolacha podrían requerir cuidados específicos o tratamientos adicionales para prolongar su vida útil. En contraste, el poliéster, una fibra sintética, muestra baja absorción del pigmento y escasa retención de color, lo que limita la aplicabilidad de la remolacha en productos textiles hechos de este material. Este análisis sugiere que, aunque la remolacha tiene potencial en textiles naturales, se necesitarían técnicas de tratamiento o fijación especiales para mejorar su adherencia y durabilidad en fibras sintéticas.

Tabla 3. Análisis de impacto ambiental del uso de remolacha vs. colorantes sintéticos

Parámetro Ambiental	Colorante de Remolacha	Colorantes Sintéticos
Toxicidad en Aguas Residuales	Baja	Alta
Biodegradabilidad	Alta	Baja
Emisiones de CO ₂ durante el Proceso	Baja	Alta
Uso de Energía en Extracción	Moderada	Alta

Los resultados ambientales demuestran que la remolacha ofrece varias ventajas significativas sobre los colorantes sintéticos. Su baja toxicidad en aguas residuales representa una ventaja clara en la reducción de la contaminación acuática, lo cual es una preocupación crítica en la industria textil debido al impacto de los tintes sintéticos en ecosistemas acuáticos. Además, la alta biodegradabilidad del pigmento de remolacha permite una descomposición natural, reduciendo la acumulación de residuos persistentes en el ambiente. Las emisiones de CO₂ también son menores durante el proceso de extracción de color de la remolacha, lo que contribuye a la reducción de la huella de carbono en la industria. Sin embargo, el uso de energía en el proceso de extracción de pigmentos de remolacha es moderado y podría requerir mejoras para competir con la eficiencia de algunos colorantes sintéticos. En general, estos resultados respaldan la remolacha como una alternativa eco-amigable y sostenible en el teñido textil, pero también indican la necesidad de optimización en el proceso de extracción para maximizar su viabilidad en términos de energía.



Tabla 4. Evaluación de la aceptación del colorante de remolacha en productos textiles (encuesta a consumidores)

Pregunta de Encuesta	Respuesta Mayoritaria	Porcentaje (%)
¿El color natural obtenido es atractivo?	Sí	78%
¿Preferiría productos teñidos naturalmente?	Sí	82%
¿Pagaría más por productos eco-amigables?	Sí	65%
¿Percibe alguna diferencia en la calidad del color?	No	55%

La encuesta de aceptación revela una respuesta favorable de los consumidores hacia el uso de remolacha como colorante natural en productos textiles. El 78% de los encuestados considera atractivo el color obtenido, lo que sugiere que el pigmento de remolacha cumple con las expectativas estéticas de la mayoría de los consumidores. Además, el 82% expresa una preferencia por productos teñidos naturalmente, lo cual subraya una tendencia de consumo hacia productos sostenibles y naturales. El 65% estaría dispuesto a pagar un precio premium por textiles eco-amigables, lo que indica que existe un nicho de mercado dispuesto a invertir en alternativas más sostenibles. Aunque el 55% de los encuestados no percibió una diferencia notable en la calidad del color frente a productos teñidos sintéticamente, este aspecto podría variar según las expectativas individuales sobre la durabilidad y apariencia del color. Estos hallazgos respaldan el potencial comercial de la remolacha como colorante textil, especialmente en segmentos de mercado conscientes del impacto ambiental y dispuestos a apoyar prácticas de producción más ecológicas.

DISCUSIÓN

En el contexto actual, se observa un creciente interés en el desarrollo, utilización y consumo de colorantes naturales destinados al teñido de fibras. Este interés encuentra su máxima expresión en la industria textil, donde se estima que se consumen alrededor de 30 millones de toneladas de textiles en todo el mundo. La magnitud de esta cifra hace inevitable el uso de colorantes artificiales, lo que en algunos casos ha llevado a repercusiones en la salud, como reacciones alérgicas o incluso toxicidad (19).



En el ámbito de los colorantes naturales, la remolacha destaca por su potente capacidad para conferir tonalidades intensas. Este fenómeno se atribuye principalmente a la presencia de betanina, un componente que genera el característico color púrpura. La remolacha, considerada históricamente como una planta tintórea, era apreciada por los romanos tanto con fines medicinales como para teñir tejidos (20).

En el ámbito de la cosmética natural, la remolacha despliega su poder, especialmente en la coloración y cuidado capilar a base de hierbas (21). El proceso implica secar suavemente las verduras para luego molerlas hasta obtener un polvo sin aditivos. Este tinte natural se revela como una opción ideal para conferir al cabello un resplandor rojizo, al mismo tiempo que contribuye a mejorar su brillo. La riqueza de vitamina B y minerales en la remolacha aporta un efecto nutritivo, y a diferencia de los tintes químicos, su ingrediente activo no interfiere con la estructura natural del cabello, sino que forma una película protectora que preserva su integridad (22).

En la remolacha roja, la betacianina constituye la mayoría de los pigmentos, representando entre el 75% y el 95% (16,18). Además de la betacianina, se encuentran otros pigmentos como isobetanina, prebetanina e isoprebetanina, siendo estos dos últimos monoésteres sulfatados de la betanina e isobetanina, respectivamente. Las betalaínas, incluida la betacianina, han sido aprobadas como aditivos por la FDA de Estados Unidos y están permitidas en la Unión Europea con la designación de E-162. Estos pigmentos se comercializan en forma de polvo de remolacha, que contiene el pigmento y estabilizantes como azúcares, proteínas y antioxidantes, así como en forma de extracto líquido concentrado (23).

Las betalaínas presentes en la remolacha roja *Beta vulgaris L.* no solo le confieren propiedades antioxidantes, sino que también aportan beneficios a la salud humana. Estos pigmentos, clasificados en betacianinas rojas y betaxantinas amarillas, se destacan por su rareza en la naturaleza, siendo exclusivos de esta hortaliza. Además, el proceso de extracción y pasteurización del pigmento coloreado de la remolacha roja *Beta vulgaris* revela un valioso compuesto que, tras la cocción en agua, adquiere un tono rosado, mostrando así su versatilidad en distintos contextos.

Las betacianinas, pigmentos de tonalidad rojo- púrpura, se forman por la condensación de ácido betalámico con derivados de ciclodopa, pudiendo estar glicosiladas. La glicosilación implica la formación de glucósidos, productos de la reacción entre el grupo alcohol de una molécula y otro grupo alcohol perteneciente a un azúcar, ya sea monosacárido u oligosacárido. Este proceso contribuye a la diversidad estructural de las betacianinas, lo que es crucial para su funcionalidad en diversos contextos biológicos y tecnológicos.

La estabilidad de la betanina, principal tinte presente en *Beta vulgaris*, está intrínsecamente vinculada a su entorno de pH, con un rango crítico entre 3 y 7, siendo óptimo entre 4 y 5. El espectro de color de la betanina abarca desde tonalidades rosadas hasta rojas. Sin embargo, su fragilidad se manifiesta en su susceptibilidad a la luz y al oxígeno, además de su degradación a altas temperaturas.

Según estudios de (24) señala que la regeneración de betanina a temperaturas de 30, 40 y 50 °C es mínima, un factor relevante que puede interferir con la degradación cinética



del tinte.

Además (22), en su investigación sobre la degradación de betalaínas en remolacha (*Beta Vulgaris*), ha abordado la cinética de la degradación mediante la medición de la absorbancia a 537 y 465 nm, indicando que la reacción exhibe un orden de primer grado, determinando el tiempo medio y la constante de degradación. Asimismo, destaca que la degradación de la betalaína es inferior a la de la betaxantina.

La degradación de las betalaínas, según diversos estudios, se ve influenciada por la temperatura y sigue una cinética de reacción de primer orden, la cual es dependiente del pH del medio. Durante los procesos térmicos, las betalaínas pueden experimentar distintos mecanismos de degradación, tales como isomerización, desglucosilación, hidrólisis, deshidrogenación y descarboxilación.

En el caso específico del proceso térmico del jugo de betabel, se observa una degradación de las betalaínas, dando como resultado diversas formas de betacianinas mono, di y tricarboxiladas. Este fenómeno refleja la complejidad de los procesos térmicos en la estabilidad y degradación de los tintes naturales presentes en *Beta vulgaris* (24).

El proceso de teñido con colorantes naturales requiere la consideración de varios factores y la aplicación de ciertos principios para lograr resultados óptimos. En primer lugar, es esencial reconocer que la mayoría de los tintes naturales no son sustanciales para los textiles, lo que implica que necesitan ser utilizados en conjunto con un mordiente o compuestos auxiliares (20). Estos últimos son cruciales para mejorar la afinidad del colorante con las fibras textiles y asegurar una fijación adecuada del color (18).

La inconsistencia en los tonos de los colorantes naturales es una característica común, atribuida a la variabilidad de los parámetros de teñido y la falta de condiciones estándar (15). Por lo tanto, se hace necesario llevar a cabo la estandarización y optimización del proceso de coloración, teniendo en cuenta las correlaciones específicas entre el tipo de tinte, la fibra textil y el mordiente utilizado.

Las fibras naturales puras, como algodón, viscosa, celulosa y lino, son generalmente más receptivas al teñido. Sin embargo, se destaca que las fibras sintéticas, como poliéster, acrílico y poliacrílico, no pueden teñirse fácilmente. Se recomienda precaución especial al tratar con seda y lana, ya que solo son aptas para teñir con tintes naturales. En caso de duda, se aconseja abstenerse de teñir estas fibras, ya que el uso de tintes convencionales podría resultar en daño irreversible a la prenda. En resumen, el éxito del proceso de teñido con colorantes naturales radica en la selección adecuada de fibras textiles, el uso de mordientes apropiados y la aplicación de prácticas de estandarización para garantizar resultados consistentes y duraderos (25).

Uso de mordientes

Un mordiente, comúnmente constituido por una sal metálica o sustancias coordinantes que forman complejos, presenta afinidad tanto hacia el componente colorante como hacia la fibra textil. Su capacidad para formar complejos, como precipitados o lagos de



compuestos complejos, que combinan fibra-mordiente-tinte natural, resulta en la creación de una unión insoluble anclada específicamente sobre las fibras textiles. Este proceso es esencial en el teñido para mejorar la solidez del color y garantizar una adhesión duradera entre el colorante y la fibra (26).

En el ámbito del teñido, un mordiente actúa como una sustancia química cuya función principal es optimizar la fijación del colorante a las fibras textiles, incrementando así la resistencia y durabilidad del color. Su papel resulta particularmente crucial al trabajar con tintes naturales, pero también se extiende a la aplicación en el teñido con tintes sintéticos. La acción del mordiente generalmente involucra la formación de complejos químicos entre el colorante y el mordiente, facilitando la unión efectiva del colorante a la fibra (25).

Entre los mordientes más habituales se encuentran las sales metálicas como el sulfato de aluminio, el sulfato de hierro o el cloruro de calcio. Estos compuestos metálicos desempeñan el papel de agentes anclaje, contribuyendo a estabilizar y fijar el colorante en las fibras textiles durante el proceso de teñido. Su presencia y acción son fundamentales para asegurar una calidad consistente y duradera en los resultados del teñido (21).

CONCLUSIONES

Los resultados muestran que la remolacha (*Beta vulgaris*) posee un alto potencial como colorante natural para textiles, especialmente en fibras naturales como el algodón. La adherencia y la intensidad del color rojizo que proporcionan sus pigmentos, en particular la betacianina, son más eficaces en condiciones de pH ácido. Sin embargo, su baja resistencia a la luz ultravioleta y a altas temperaturas presenta limitaciones para su uso en textiles expuestos a condiciones extremas o a lavados frecuentes. Estos hallazgos sugieren que la remolacha puede ser una alternativa viable en la industria textil, especialmente para productos que requieran condiciones controladas de exposición, pero que se podrían explorar métodos adicionales para mejorar su durabilidad y resistencia en diferentes aplicaciones.

Comparada con los colorantes sintéticos, la remolacha demuestra ventajas significativas en términos de impacto ambiental. Su uso contribuye a reducir la toxicidad en aguas residuales, ya que es biodegradable y produce bajas emisiones de CO₂ durante el proceso de extracción. Esto respalda su viabilidad como alternativa sostenible en la industria textil, minimizando el impacto negativo de los colorantes sintéticos sobre el medio ambiente. Sin embargo, el proceso de extracción de pigmentos de remolacha todavía requiere optimización en cuanto a consumo energético para que su aplicación a gran escala en la industria sea más competitiva.

La aceptación del consumidor hacia textiles teñidos con remolacha es alentadora, con una alta valoración de la apariencia del color y una preferencia significativa por productos naturales. La disposición a pagar más por textiles eco-amigables indica un nicho de mercado que podría impulsarse mediante estrategias de mercadeo centradas en la sostenibilidad y el cuidado ambiental. Aunque algunos consumidores no perciben diferencias en la calidad del color frente a productos sintéticos, este aspecto podría mejorar aplicando técnicas de tratamiento adicionales.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Yanchapanta D. Obtención De Un Colorante Natural La Betalaina a Partir De La Remolacha Para Su Aplicación En Alimentos Y Bebidas, Sin Que Sus Propiedades Organolépticas Afecten Su Utilidad [Internet]. Universidad Técnica De Ambato. 2017. Available from: http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29735/1/AL_705.pdf
2. Antigo JLD, Bergamasco R de C, Madrona GS. Effect of ph on the stability of red beet extract (*Beta vulgaris* L.) microcapsules produced by spray drying or freeze drying. *Food Science and Technology (Brazil)*. 2018;38(1):72–7.
3. Gobierno M. Remolacha. Ministerio de Economía, Infraestructura y Energía. 2019;4–6.
4. Welinski J, Michelloti M, Francisco Á, Cuquel F. Duración del calabacín con la aplicación de ácido glutámico. *Idesia (Arica)*. 2017;35(1):73–7.
5. Yousefian Z, Hosseini B, Rezadoost H, Palazón J, Mirjalili M. Production of the anticancer compound withaferin a from genetically transformed hairy root cultures of *withania somnifera*. *Nat Prod Commun*. 2018;13(8):943–8.
6. García O. Elaboración industrial de mermelada de remolacha (*Beta vulgaris*), utilizando las variedades de Boro F1, Bohan F1, Avalanche [Internet]. 2022. Available from: https://biblioteca.galileo.edu/tesario/bitstream/123456789/1613/1/2023-T-lcta-027_garcia_valle_oscar_andre.pdf
7. Demanet R, Canales C. Remolacha forrajera. *watts*. 2020;1272:15.
8. Cardoso GA, Sosa ME, Ballard T, Liceaga A, San Martín MF. Microwave-assisted extraction of betalains from red beet (*Beta vulgaris*). *LWT - Food Science and Technology*. 2014;59(1):276–82.
9. Daniel M, Espinoza D, David D, Castillo E, Patricia S, Luna A, et al. “ACLIMATACIÓN DE 14 CULTIVARES DE REMOLACHA (*Beta vulgaris* var. conditiva), EN LA ESPOCH, MACAJÍ, CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.” *REVISTA CARIBEÑA DE CIENCIAS SOCIALES*. 2019;(2254–7630):1–24.
10. Goktas O, Bozkaya YT, Yeniocak M. the Use of Herbal Extracts in Lacquer Paint Coloring and Determination of Some Mechanical Resistance Properties on Wood-Based Surfaces. *Maderas: Ciencia y Tecnología*. 2023;25(25):1–10.
11. Beatriz Y, Ortega S. Propiedades físicas , químicas y biológicas del pigmento natural *Beta vulgaris*: revisión y propuesta de un protocolo experimental. *REINCASOL*. 2024;3:3146–65.
12. Raikos V, McDonagh A, Ranawana V, Duthie G. Processed beetroot (*Beta vulgaris* L.) as a natural antioxidant in mayonnaise: Effects on physical stability, texture and sensory attributes. *Food Science and Human Wellness [Internet]*. 2016;5(4):191–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fshw.2016.10.002>
13. Bárta J, Bártová V, Šindelková T, Jarošová M, Linhartová Z, Mráz J, et al. Effect of boiling on colour, contents of betalains and total phenolics and on antioxidant activity of colourful powder derived from six different beetroot (*Beta vulgaris* L. var. conditiva)



- cultivars. *Pol J Food Nutr Sci.* 2020;70(4):377–85.
14. Bucur L, Țarălungă G, Schroder V. The betalains content and antioxidant capacity of red beet (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*) root. *Farmacia.* 2016;64(2):198–201.
 15. Caguasango A. DETERMINACIÓN DE LA DURACIÓN DEL CICLO DE CULTIVO DE REMOLACHA (*Beta vulgaris* L.) VAR. BORO” [Internet]. Universidad Técnica De Ambato. 2023. 40–55 p. Available from: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/38230>
 16. Mendelová A, Mendel L, Solgajová M, Kolesárová A, Mareček J. Increasing the Stability of Polyphenols and Betacyanins in Beetroot Chips By Treatment Before Drying. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences.* 2024;14(1):5–8.
 17. Paltán G, Ruchi G. OBTENCIÓN DEL PIGMENTO ROJO (Betacianina) A PARTIR DE LA REMOLACHA (*Beta vulgaris*) Y SU APLICACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE UN REFRESCO EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA CHIMBORAZO. 2015.
 18. Azucena M, Mancha A, Monterrubio L. ESTRUCTURA Y ESTABILIDAD DE LAS BETALAÍNAS. *Interciencia.* 2019;2:1–11.
 19. Duque A, Mejía C, Fernández J. Caracterización Físico Química y Contenido Fenólico de la Remolacha (*Beta vulgaris* L.) en Fresco y Sometida a Tratamiento Térmico. *Revista ION.* 2018;31(1):43–7.
 20. Hossain A. Pollution Free Dyeing on Cotton Fabric Extracted from *Swietenia macrophylla* and *Musa Acuminata* as Unpolluted Dyes and Citrus. Limon (L.) as Unpolluted Mordanting Agent. *CRIMSON PUBLISHERS Wings to the Research.* 2018;3(2):286–93.
 21. Fuentes H, Muñoz D, Aguilera R, González C. Influencia de los compuestos bioactivos de betarraga (*Beta vulgaris* L) sobre el efecto cardio-protector: Una revisión narrativa. *Rev Chil Nutr.* 2018;45(2):178–82.
 22. Moreno M, Vilorio A, Belen D. Degradación de betalainas en remolacha (*Beta vulgaris* L.) estudio cinético. *Revista Científica* [Internet]. 2019;12(2):133–6. Available from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61412211>
 23. Saavedra G. Betarraga [Internet]. Centro de origen y características botánicas. 2022. 121–139 p. Available from: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68961/8.Betarraga.pdf?sequence=10&isAllowed=y>
 24. Esatbeyoglu T, Wagner AE, Schini-Kerth VB, Rimbach G. Betanin-A food colorant with biological activity. *Mol Nutr Food Res.* 2015;59(1):36–47.
 25. Seijas N. Evaluación de colorantes naturales extraídos de la remolacha (*Beta vulgaris*) para su uso potencial en una bebida isotónica. *Revista CIENCIA Y TECNOLOGÍA* [Internet]. 2023;15(1):123–33. Available from: <http://www.revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/2361/2377>
 26. Melo MJ. History of Natural Dyes in the Ancient Mediterranean Civilization. *Handbook of Natural Colorants.* 2023. 1–26 p.



MEJORES PRÁCTICAS EN TECNOLOGÍAS DE BARRERAS PARA CONSERVAR PURÉ DE BANANA DE FORMA EFECTIVA

BEST PRACTICES IN BARRIER TECHNOLOGIES FOR EFFECTIVELY PRESERVING BANANA PUREE

Yocasta Salomé Velastegui Párraga¹

Investigador Independiente

syvpparraga@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-8348-8990>

Charly Anderson Peralta Bautista²

Investigador Independiente

charlyp365@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-6447-5269>

Fecha de recepción: 21-02-2025

Fecha de aceptación: 12-03-2025

Fecha de publicación: 15-03-2025

RESUMEN

La tecnología de barreras, también conocida como tecnología de obstáculos, permite la conservación de alimentos al combinar técnicas físicas y químicas de baja intensidad, como la adición de azúcares, sales y ácidos orgánicos, junto con un tratamiento térmico suave. Estas técnicas garantizan la estabilidad, calidad y seguridad microbiana, preservando las propiedades sensoriales de los productos. En este contexto, el presente estudio se enfoca en la conservación del puré de plátano (*Musa Paradisiaca*) mediante esta tecnología y en la evaluación de su calidad y vida útil. Se procedió a cortar y cocinar la banana al vapor a 120°C durante 5 minutos, formulando un puré con ácido ascórbico, ácido láctico, ácido cítrico, sal y sacarosa. El producto fue envasado en vidrio y sometido a un tratamiento térmico a 100°C por 20 minutos. Posteriormente, el puré se almacenó a temperatura ambiente y se sometió a análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales a los dos meses. Los resultados mostraron un pH de 4.2 y un °Bx de 15, además de la ausencia de bacterias y levaduras, indicando que el producto puede almacenarse en condiciones ambientales sin fermentar. El análisis sensorial reflejó una alta aceptación, con un 85% de los panelistas mostrando una respuesta positiva. En conclusión, la tecnología de barreras aplicada resultó en un puré de plátano seguro, no tóxico, y con buena aceptación, apto para almacenarse por hasta dos meses sin comprometer su calidad.

Palabras clave



Tecnología, banana, tratamientos, calidad, método

ABSTRACT

Barrier technology, also known as obstacle technology, allows food preservation by combining low-intensity physical and chemical techniques, such as the addition of sugars, salts and organic acids, together with a mild heat treatment. These techniques guarantee stability, quality and microbial safety, preserving the sensorial properties of the products. In this context, the present study focuses on the preservation of banana puree (*Musa Paradisiaca*) using this technology and on the evaluation of its quality and shelf life. The banana was cut and steamed at 120°C for 5 minutes, formulating puree with ascorbic acid, lactic acid, citric acid, salt and sucrose. The product was packaged in glass and subjected to a thermal treatment at 100°C for 20 minutes. Subsequently, the puree was stored at room temperature and subjected to physical-chemical, microbiological and sensorial analyses after two months. The results showed a pH of 4.2 and a °Bx of 15, as well as the absence of bacteria and yeasts, indicating that the product can be stored under ambient conditions without fermentation. Sensory analysis reflected a high acceptance, with 85% of panelists showing a positive response. In conclusion, the applied barrier technology resulted in a safe, non-toxic, and well-accepted banana puree, suitable for storage for up to two months without compromising its quality.

Keywords

Technology, banana, treatments, quality, methods

INTRODUCCIÓN

La tecnología de barrera, también conocida como tecnología de enfoque combinado u obstáculo, es una estrategia de conservación de alimentos que combina varios factores para garantizar la estabilidad del producto y la seguridad microbiológica al tiempo que preserva las propiedades sensoriales de las materias primas (1). La conservación de alimentos ha evolucionado desde la antigüedad, con técnicas que van desde el uso de sal, aire y hielo, hasta métodos más modernos como la congelación, irradiación y liofilización (2).

La problemática en la conservación del puré de plátano radica en su alta perecibilidad y en la rápida degradación de sus propiedades sensoriales y nutricionales, lo cual limita su vida útil y afecta su valor comercial. Sin métodos de conservación efectivos, el puré de plátano es susceptible a la oxidación, el pardeamiento enzimático y la proliferación de microorganismos, factores que deterioran su calidad en poco tiempo y generan pérdidas tanto para los productores como para la industria (3). La implementación de tecnologías de barreras representa una alternativa prometedora para extender su durabilidad, pero requiere una selección adecuada y una combinación específica de factores que aseguren la inocuidad y calidad del producto sin comprometer sus características naturales. Este estudio busca abordar esta problemática, explorando y evaluando las mejores prácticas en el uso de tecnologías de barreras para optimizar la conservación del puré de banano, contribuyendo así a mejorar la sostenibilidad en su procesamiento y aumentar su disponibilidad en el mercado (4).



Hoy en día, los alimentos principales incluyen cereales, legumbres, hortalizas, frutas, leche y carnes, que pueden sufrir alteraciones físicas, químicas o microbiológicas (2). La tecnología de barreras o métodos combinados se utiliza para reducir e inhibir el desarrollo de microorganismos y mantener la calidad, seguridad y durabilidad del producto (5). Esta tecnología crea un ambiente de estrés para los microorganismos y asegura la calidad del alimento a través de la homeostasis. Las principales barreras incluyen temperatura, acidez, potencial redox, conservantes, ondas eléctricas, atmósferas modificadas, alta presión hidrostática e irradiación (6). Con la aplicación de esta tecnología, se espera obtener un producto de calidad, natural, libre de microorganismos, con una vida útil prolongada y seguro para el consumidor (7).

El uso de esta tecnología requiere de un análisis cuidadoso tomando en cuenta la presencia de microorganismos asociados al fruto, las reacciones fisicoquímicas de deterioro, la infraestructura y características de procesamiento y almacenamiento disponibles a su vez la aplicación de requisitos sensoriales, durabilidad y envasado del producto. El trabajo de investigación de (8) menciona que el plátano es principalmente comido en fresco constituye una fuente de carbohidratos, minerales y vitaminas, en la cual ha de más de su valor nutritivo, su cultivo contribuye a la inclusión de las personas en el campo y por ende la generación de empleo, de tal manera que la fruta llegue al consumidor. Un estándar de calidad y características adecuadas como una madurez uniforme de cada producto a comercializar, sin embargo, por su alta perecibilidad la mayor parte del plátano llega al mercado con unas características bajas indicando mala calidad y consecuencia a esto aumentando las pérdidas y depreciación del producto.

El autor (9) en su estudio de prolongación de la vida útil del banano indica que la tecnología de barreras es la aplicación deliberada de barreras para mejorar la calidad sensorial, estabilidad microbiana y nutricional de los alimentos, para lo cual se emplea varios tipos de barreras o inhibidores en pocas cantidades. Al disminuir la energía en la conservación, la refrigeración se puede remplazar por tecnologías de barreras que no requieran un gasto energético y a su vez asegura la estabilidad y la seguridad del producto, estas combinaciones pueden ser aplicadas en conservación de hortalizas.

Asimismo, según (10) en su investigación de la actividad del banano en el Ecuador desde hace sesenta años tiene un peso importante en el desarrollo del país tanto en el punto de vista económico como social, ya que en lo económico aporta en el PIB y en la generación de divisas y en lo social por las fuentes de empleo que genera, en la cual según la FAO Ecuador es reconocido como el primer país exportador de banano en el mundo ya que en el año 2014 las exportaciones alcanzaron los 2.607 millones siendo el 21% del total de exportaciones tradicionales.

La tecnología de barreras aplicada al puré de plátano representa una oportunidad para desarrollar productos de alta calidad y larga vida útil, beneficiando tanto a la industria alimentaria como a los consumidores. La combinación de factores de conservación permite enfrentar los desafíos asociados a la alta perecibilidad del plátano, garantizando un producto seguro, estable y con características óptimas para su consumo. La investigación en este campo es fundamental para optimizar el uso de estas tecnologías y adaptar las mejores prácticas a las necesidades específicas de cada mercado (11).

Los objetivos de esta investigación se centran en desarrollar un proceso estandarizado



para obtener puré de plátano y aplicar tecnologías de barrera que permitan su conservación efectiva, mediante el uso de tratamientos térmicos y ajustes de pH con ácidos orgánicos. Asimismo, se busca evaluar la aceptabilidad del producto a través de un análisis sensorial, midiendo las características organolépticas percibidas por los consumidores. Finalmente, se realizarán análisis fisicoquímicos y microbiológicos para verificar la estabilidad, calidad y seguridad del puré de plátano conservado, asegurando que cumpla con los estándares necesarios para su comercialización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio es de tipo experimental, ya que busca evaluar las mejores prácticas en tecnologías de barreras aplicadas a la conservación del puré de banana mediante pruebas y procedimientos específicos en condiciones controladas, desarrollándose en un entorno de laboratorio, siguiendo procedimientos estandarizados para el procesamiento, conservación y evaluación del producto.

La población está constituida por el puré de banana elaborado a partir de la banana (*Musa paradisiaca*) cultivada en Ecuador, específicamente de las provincias de Los Ríos, Guayas y El Oro, mientras que la muestra utilizada en el análisis sensorial consistió en 10 consumidores frecuentes de productos derivados de banana, quienes evaluaron el producto en una prueba de aceptabilidad en las instalaciones de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Para el desarrollo de la metodología, se revisaron estudios previos relacionados con la conservación de alimentos utilizando tecnologías de barreras, accediendo a bases de datos científicas como Scopus, ScienceDirect y Google Scholar para fundamentar la elección de ácidos orgánicos y métodos de esterilización aplicados en esta investigación.

Obtención del puré de banana (*Musa Paradisiaca*)

Se empleó la banana como materia prima la cual posee una forma de dedo, se va desarrollando envuelta en una concha de color verde que al madurar se torna amarilla. Es alargada, y se encuentra en el mercado en grupos de tres a veinte unidades. Su sabor es dulce, y puede consumirse cruda una vez cosechada (12), se cultiva en las provincias de Los Ríos, Guayas y El Oro, según el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (MAGAP) (13). El proceso que se desarrolló para el puré en base a estudios anteriores fue el siguiente: la banana se trocó, se eliminó la cáscara y se sometió a cocción al vapor (90 °C) durante 2 minutos. Posteriormente se procesó por una licuadora de mano en un tiempo de 2 minutos obteniendo el puré y a su vez se formuló la preparación para su futura conservación.

Tabla 1. Formulación y proceso para la obtención de una conserva de puré de banana (*Musa Paradisiaca*) mediante la tecnología de barreras

Formulación	Pesos
Puré de banana	100 gr
Ácido ascórbico,	0.20 gr
Ácido láctico	0.15 ml



Ácido cítrico	0.30 gr
Sal (NaCl)	0.50 gr
Sacarosa	1 gr
Proceso	
Temperatura de esterilización	100
Tiempo de esterilización	20'
Tiempo de enfriado	30'

Durante todas las operaciones de elaboración de la conserva se respetaron las Buenas Prácticas de Manufactura. En la Figura 1, se indica el diagrama de flujo del proceso desarrollado para obtener el puré de banana conservado mediante tecnología de barreras.

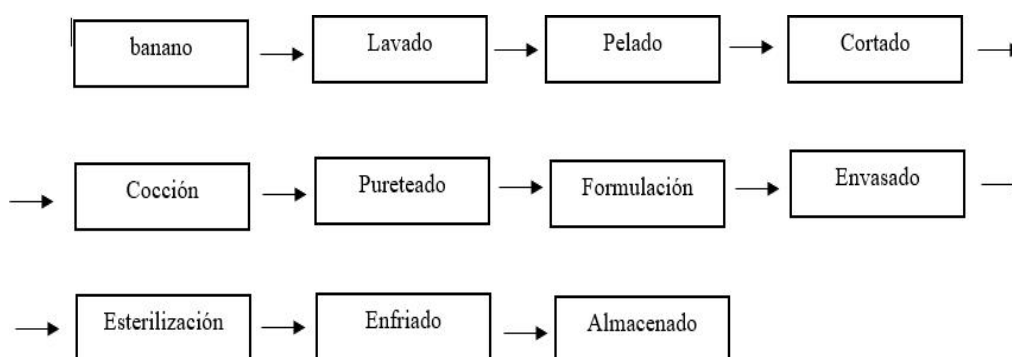


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso para la elaboración del puré de banana

Conservación mediante tecnología de barreras

La conservación del puré se realizó por tecnología de barreras mediante un tratamiento térmico y la reducción del pH, usando una mezcla de ácido ascórbico, ácido láctico, ácido cítrico, y sacarosa (Tabla 1). El puré se envasó herméticamente en envases de vidrio de 250 ml y se lo sometió a la acción del calor (100 °C por 20 minutos), dejándolo luego enfriar a temperatura ambiente por 30 minutos. Una vez frío se lo rotuló y almacenó. El almacenamiento se realizó en condiciones ambientales entre 20 a 30 °C.

Evaluación sensorial

Al finalizar el proceso de conservación, se realizó el análisis sensorial mediante una prueba de aceptabilidad. Para ello, se usó una escala Hedónica Verbal de tres puntos, en donde al valor central "ni me gusta ni me disgusta", se le asigna la calificación 0 (cero), el punto por arriba de ese valor "me gusta", se le asigna un valor positivo +1 y el punto por debajo "no me gusta", un valor negativo -1 (9). Se contó con 10 consumidores frecuentes y las pruebas se llevaron a cabo en las aulas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo las muestras fueron evaluadas en horarios determinados.

Análisis físicos, químicos y microbiológicos



Los análisis físicos, químicos y microbiológicos, se realizaron en el puré fresco y en la conserva de puré de banano a los dos meses de procesado. El pH se determinó con peachímetro; la presencia de sólidos solubles mediante la determinación de los grados Brix (°Bx) con refractómetro de mano. En el análisis microbiológico se determinó recuento total de microorganismos mesófilos, aerobios y anaerobios, termófilos aerobios, termófilos (9).

RESULTADOS

Como resultado final del análisis sensorial del puré de banana formulado luego de la aplicación de la tecnología de barras mostró que un 85 % de los panelistas eligió la opción que indica la aceptación del producto. El 15 % restante eligió la opción neutral y ningún panelista eligió la opción "no me gusta". Encontramos en la Tabla 2, los resultados de los análisis de los parámetros fisicoquímicos realizados del puré fresco y el de conserva de puré a los dos meses de ser procesado. El agregado de los ácidos orgánicos o aditivos al puré permitieron ajustar el pH por debajo de 4,5, que es el mínimo para evitar el crecimiento de *Clostridium botulinum* (14).

El incremento en los valores de grados Brix y Ph en la conserva están directamente relacionados a la formulación elaborada. La cocción del puré de banana durante 15 minutos a 100 °C inhibe las enzimas presentes, entre ellas la peroxidasa que se inactiva a 71 °C esta enzima es responsable del pardeamiento enzimático que ocurre cuando la banana se expone al aire y se corta o daña (15). La inactivación de la peroxidasa asegura en las conservas elaboradas la inactivación de enzimas esto en base a la literatura ya que a falta de equipos no se pueden realizar análisis.

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos del puré fresco y el de conserva luego de dos meses de almacenamiento.

Variables analizadas	Puré fresco	Conserva de puré
pH	6.02 ± 0.05	4.20 ± 0.05
Brix	15 ± 0.10	20 ± 0.10
Materia seca (%)	30 ± 0.50	32 ± 0.50
Fibra (%)	2.4 ± 0.05	5.8 ± 0.05
Cenizas (%)	3.1 ± 0.005	4.2 ± 0.005

La Tabla 2, muestra una comparación de los parámetros fisicoquímicos entre el puré de banana fresco y el puré conservado después de dos meses de almacenamiento. Estos resultados permiten evaluar la efectividad de las tecnologías de barreras aplicadas, como el tratamiento térmico y el ajuste de pH, en la conservación del puré de banana.

El pH del puré fresco es de 6.02, mientras que en la conserva disminuye a 4.20. Esta reducción es significativa, ya que el pH por debajo de 4.5 es crítico para inhibir el crecimiento de microorganismos peligrosos, como *Clostridium botulinum*. Esto indica que la adición de ácidos orgánicos (ácido ascórbico, láctico y cítrico) en la formulación



ha sido efectiva para reducir el pH, aumentando la seguridad y estabilidad microbiológica del puré.

Los grados Brix, que reflejan el contenido de azúcares y sólidos solubles, aumentan de 15 en el puré fresco a 20 en la conserva. Este incremento puede estar asociado a la concentración de sólidos debido al tratamiento térmico, que permite mantener un sabor dulce y atractivo para los consumidores, a la vez que contribuye a la estabilidad del producto.

La materia seca también presenta un ligero aumento, de 30% en el puré fresco a 32% en la conserva. Esto indica una concentración de los componentes del puré tras el tratamiento de conservación, lo que podría estar relacionado con la eliminación de parte del agua libre durante el proceso de esterilización.

Se observa un incremento en los porcentajes de fibra (de 2.4% a 5.8%) y cenizas (de 3.1% a 4.2%) en el puré conservado. Estos aumentos pueden deberse a una mayor concentración de los componentes sólidos tras el tratamiento térmico y la formulación utilizada. La mayor concentración de fibra es beneficiosa, ya que mejora el valor nutricional del producto.

Tabla 3. Análisis microbiológicos de la conserva de puré de banana a los dos meses de conservación

VARIABLES ANALIZADAS	CONSERVA DE PURÉ
Aerobios mesófilos a 30 °C	Normal
Aerobios termófilos a 55 °C	Ausencia en 1 gramo
Anaerobios mesófilos a 30 °C	Ausencia en 1 gramo
Anaerobios termófilos a 55 °C	Ausencia en 1 gramo
Mohos	75 UFC/gr
Levaduras	Ausencia en 1 gramo

Los resultados del análisis microbiológico de la conserva de puré de banana, almacenada durante dos meses, indican la eficacia de las tecnologías de barreras aplicadas en el control de microorganismos que podrían comprometer la seguridad y calidad del producto. En cuanto a los aerobios mesófilos a 30°C, se obtuvo un recuento en niveles normales, lo cual sugiere que los microorganismos aeróbicos que podrían crecer a temperaturas moderadas están bajo control y en cantidades aceptables según los estándares de conservación de alimentos.

Respecto a los aerobios y anaerobios termófilos a 55°C, la tabla muestra una ausencia completa de estos microorganismos en 1 gramo de muestra, lo que indica que el tratamiento térmico aplicado durante la conservación ha sido efectivo para eliminar bacterias que podrían proliferar a temperaturas elevadas. Este resultado es crucial, ya que la presencia de microorganismos termófilos podría afectar la estabilidad y seguridad del producto en condiciones de almacenamiento prolongadas.

En el caso de los anaerobios mesófilos a 30°C, también se observa una ausencia total, lo cual confirma que el control de pH y el tratamiento térmico empleados en el proceso de



conservación son efectivos para inhibir el crecimiento de bacterias anaerobias que prosperan en entornos sin oxígeno. Este control es fundamental, ya que previene el desarrollo de microorganismos que podrían deteriorar el puré en condiciones de almacenamiento.

La presencia de mohos se detecta en una concentración de 75 UFC/gr, lo cual se encuentra dentro de los límites aceptables para este tipo de producto conservado. Sin embargo, su aparición indica que, aunque las tecnologías de barreras son efectivas, existe una pequeña posibilidad de crecimiento de hongos en el puré. Este aspecto debe ser monitoreado de cerca para asegurar que no aumente durante el almacenamiento y que se mantenga la calidad del producto.

La ausencia de levaduras en 1 gramo de muestra es un indicador positivo de que las condiciones de conservación han inhibido efectivamente su crecimiento. La presencia de levaduras podría afectar las características organolépticas del puré, generando cambios en sabor y textura. Su ausencia asegura que el producto mantiene sus propiedades sensoriales y es seguro para el consumo.

DISCUSIÓN

Para conocer la sanidad de los alimentos es necesario emplear análisis microbiológicos que ayuda a determinar la ausencia de hongos, mohos, levaduras y bacterias una de las pruebas que se utilizan de forma frecuente es el recuento de flora aerobia mesófila donde se debe tener en cuenta las tasas permisibles (105UFC/g de aerobios mesófilos) que suelen ser el límite máximo para que un alimento sea apto para el consumo (16).

En cuanto a los valores de pH que se deben tomar en cuenta para conocer si existe una probabilidad de multiplicación y formación de toxinas como *clostridium botulinum* son valores superiores a 4.5 de pH donde nuestros resultados entran dentro del rango indicado el cual es pH 4,2 , también se debe tener en cuenta que si a través de este tratamiento queremos controlar la supervivencia y multiplicación de microorganismos formadores de esporas como *bacillus coagulans*, *bacillus polymyxa*, *bacillus macerans* y también anaerobios butíricos se requiere de pH ácidos entre (4.0 y 4.5) (17).

Se considera apropiado que este tratamiento térmico sea a 61°C por un tiempo de 15 min así también por otro lado (18) menciona que el tratamiento térmico recomendado para este pure es de 60°C - 65°C durante un tiempo de 30 min, en la cual se debe tener una inspección meticulosa cada cierto tiempo, de tal manera que se vio necesario y eficiente utilizar el método propuesto por la asociación de industrias alimentarias (ANFAB) donde se recomienda que se realice un tratamiento de 93.3°C por 5 min. A su vez al emplear este método de descontaminación, se logró que el pH de la fruta oscile entre 4,0 y 4.3 permitiendo que este método reduzca los costos de producción ya que gracias a que no se necesita esterilización ya no se necesitaría autoclavar y de esta forma se ahorraría en el costo energético ya que se trabaja a temperaturas bajas.

La aplicación de tecnologías de barreras en la conservación de alimentos, como el puré de banana, ha demostrado ser efectiva para prolongar la vida útil y mantener la calidad



microbiológica del producto. En este estudio, se logró una reducción del pH del puré conservado de 6.02 a 4.20, valor que es fundamental para inhibir el crecimiento de *Clostridium botulinum* y otros patógenos, lo cual coincide con estudios previos que destacan la importancia del ajuste de pH como una medida de seguridad microbiológica en productos alimentarios (19). Este ajuste se logró mediante la incorporación de ácidos orgánicos como ácido ascórbico, láctico y cítrico, que han sido ampliamente utilizados en la industria alimentaria por su efectividad en la preservación y mejora de la estabilidad del producto (20).

Además, el tratamiento térmico a 100 °C durante 20 minutos, junto con el ajuste de pH, permitió la inactivación de enzimas como la peroxidasa, responsable del pardeamiento enzimático, mejorando la apariencia y calidad del puré. Este procedimiento es consistente con la literatura, donde se señala que temperaturas superiores a 71 °C son efectivas para inactivar la peroxidasa y otras enzimas que pueden deteriorar la calidad visual del producto (21). El incremento en los grados Brix de 15 en el puré fresco a 20 en la conserva indica una concentración de sólidos solubles, probablemente debido a la evaporación de agua durante el proceso de conservación, lo cual contribuye a una dulzura más concentrada que es bien recibida por los consumidores (22).

El análisis sensorial mostró que el 85% de los panelistas aceptaron el puré de banana conservado, mientras que un 15% lo calificó como neutro. Este nivel de aceptación es significativo y está en concordancia con otros estudios que han demostrado que las tecnologías de barreras no solo aseguran la inocuidad, sino que también pueden mejorar las características organolépticas, incrementando la aceptación del consumidor (23). Los análisis microbiológicos apoyan esta aceptación, mostrando que el puré conservado está libre de microorganismos patógenos, como aerobios y anaerobios termófilos, y levaduras, con niveles controlados de mohos, lo que asegura la inocuidad del producto a largo plazo (24).

Este enfoque de tecnologías de barreras es similar a estudios previos en los que el uso de tratamientos combinados de pH, tratamiento térmico y control de humedad ha demostrado ser eficaz en productos derivados de frutas y vegetales, asegurando su estabilidad sin necesidad de aditivos artificiales en grandes cantidades (25). Estos resultados confirman que el uso de tecnologías de barreras es una alternativa viable para la industria alimentaria, especialmente en productos perecederos como el puré de banana, donde la conservación de sus características naturales y el aumento de su vida útil son objetivos clave.

CONCLUSIONES

El proceso de conservación del puré de banana mediante tecnologías de barreras ha demostrado ser eficaz en la prolongación de su vida útil, manteniendo la calidad y seguridad del producto. La reducción del pH a niveles inferiores a 4.5, lograda mediante la adición de ácidos orgánicos, permitió inhibir el crecimiento de microorganismos potencialmente patógenos, como *Clostridium botulinum*. Este resultado confirma la efectividad de la formulación utilizada, alineándose con los objetivos de garantizar un producto seguro para el consumo y con características microbiológicas adecuadas.



El tratamiento térmico aplicado en la elaboración de la conserva de puré de banana no solo contribuyó a la inactivación de enzimas responsables del deterioro, como la peroxidasa, sino que también generó una concentración de sólidos solubles, reflejada en el aumento de grados Brix. Este incremento mantiene un sabor dulce y atractivo para los consumidores, mejorando la aceptación del producto en el análisis sensorial, donde el 85% de los panelistas lo evaluaron positivamente. Estos cambios en los parámetros fisicoquímicos muestran la viabilidad del método aplicado.

La ausencia de microorganismos patógenos en la conserva de puré de banana almacenada durante dos meses evidencia el éxito del enfoque de tecnologías de barreras en el control microbiológico. La combinación de un pH bajo y el tratamiento térmico impidió el desarrollo de aerobios y anaerobios termófilos, así como de levaduras, mientras que el recuento de mohos se mantuvo en niveles aceptables. Estos resultados subrayan la importancia de utilizar métodos combinados para la conservación de alimentos altamente perecederos, garantizando su estabilidad y seguridad durante el almacenamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Quiranza M. Efecto de dos atmósferas modificadas en la conservación de guanábana (*Annona muricata* L.) almacenada a dos temperaturas. 2019.
2. Escobar A, Márquez C, Restrepo C, Pérez L. Aplicación de Tecnología de Barreras para la Conservación de Mezclas de Vegetales Mínimamente Procesados. *Rev Fac Nac Agron Medellin*. 2014;67(1):7237–45.
3. Caiza J. Evaluación del efecto de la aplicación de atmósferas modificadas sobre la calidad físico-química y vida útil del aguacate (*Persea americana* Mill) variedad Hass. 2020.
4. Cañamero M. Microbiología de los Alimentos bajo el concepto de One Health. 2022.
5. Constitución de la República del Ecuador. Reglamento de Buenas Prácticas para alimentos procesados. Presidencia Constitucional de la República [Internet]. 2012;2:1–18. Available from: <https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/REGLAMENTO-DE-BUENAS-PRACTICAS-PARA-ALIMENTOS-PROCESADOS.pdf>
6. León J, Espinosa M, Carvajal H, Quezad J. Análisis de la producción y comercialización de banano en la provincia de El Oro en el periodo 2018-2022. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. 2023;7(1):7494–507.
7. Fernández E, López B, Santurino C, Gómez C. Nutritional composition and nutritional claims of canary islands banana. *Nutr Hosp*. 2021;38(6):1248–56.
8. Villaprado FS. PROPUESTA DE UN PLAN DE ESTRATEGIAS DE COMERCIALIZACIÓN PARA LA EXPORTACIÓN DE BANANO DE LA HACIENDA SAN GABRIEL DE LA PROVINCIA DE EL ORO CON DESTINO A CHINA. 2023.
9. Daniela D. Análisis de las metodologías más utilizadas para la determinación de la vida útil de alimentos. 2022.
10. Prado J, Garzón V. Evolución económica y productiva del sector bananero de la provincia de El Oro en el periodo 2011 – 2020. 593 Digital Publisher CEIT. 2022;7(2):260–70.
11. INSTRUMENTS H. Manual de Análisis de Suelo: Gestión del Suelo, Ciencia. InfoAgro [Internet]. 2019;5–10. Available from: https://www.infoagro.com/instrumentos_medida/instrucciones/instrucciones_kit_analisis_suelo_hi_3896.pdf
12. Masache, Lady, Luzuriaga G, Valle L. La rentabilidad del banano y café para exportación de Ecuador desde el período de dolarización hasta el tiempo de COVID-19. *Rev Econ*. 2023;11(1):33–



- 42.
13. TARAZONA M. EFECTO DE BIORECUBRIMIENTO Y ATMÓSFERAS ACTIVAS Y PASIVAS EN LA CONSERVACIÓN DE MANGO DE AZÚCAR (manguifera indica L.) EN IV GAMA. Programa de Ingeniería de Alimentos Bogotá,. 2019;1–23.
 14. Daniel M. CARACTERIZACIÓN DEL MANEJO POST COSECHA DEL BANANO Y SU INDUSTRIALIZACIÓN POR MEDIO DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA. Repositorio Universidad Técnica de Machala [Internet]. 2022;6:1–41. Available from: [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18464/1/E-2420_BLACK NAVARRO ANDRES ARTURO.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18464/1/E-2420_BLACK_NAVARRO_ANDRES_ARTURO.pdf)[http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18464/1/E-2420_BLACK NAVARRO ANDRES ARTURO.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18464/1/E-2420_BLACK_NAVARRO_ANDRES_ARTURO.pdf)
 15. Fragne R. CIENCIA Y TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS. Nutricion Humana y Gastronomía [Internet]. Vol. 15. 2020. 1–23 p. Available from: <https://www.editorialacribia.com/media/acribia/files/pdfcatalog-158.pdf>
 16. Rochín Medina JJ, Mora Rochín SM, Navarro Cortez RO, Tovar Jimenez X, Quiñones Reyes G, Ayala Luján JL, et al. Contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de variedades de frijol sembradas en el estado de Zacatecas. Acta Univ. 2021;21:1–13.
 17. Palacios H. DETERMINACIÓN DE MOLÉCULAS BIOACTIVAS EN LOS RESIDUOS DEL PROCESAMIENTO DE PULPAS DE LA EMPRESA LEYENDAS ECUADOR. 2020.
 18. Vázquez A, Mejía JD, García KE, Velázquez G. Capacidad antioxidante: conceptos, métodos de cuantificación y su aplicación en la caracterización de frutos tropicales y productos derivados. Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales. 2022;9(1):9–33.
 19. Gabriela M, Gramajo P. Conservación de alimentos. Revista Ingeniería y Ciencia. 2017;(1):11.
 20. Mata D, Suatunce J, Poveda R. Análisis económico del banano orgánico y convencional en la provincia Los Ríos, Ecuador. Instituto de Información Científica y Tecnológica [Internet]. 2021;23(4):419–30. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8938888&info=resumen&idioma=SPA><https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8938888&info=resumen&idioma=ENG><https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8938888><https://www.redalyc.org>
 21. LabFerrer. Fundamentos de actividad de agua. Aqualab [Internet]. 2016;2:1–10. Available from: <http://blog.actividaddeagua.com/wp-content/uploads/2014/05/Fundamentos-de-actividad-de-agua.pdf>
 22. Izquierdo J, López S, Sans J, Paretas C, Val V, Astorga C, et al. Estado nutricional de escolares peruanos según nivel socioeconómico. Proyecto INCOS. Revista Española de Nutrición Comunitaria. 2020;26:20.
 23. Salinas D. IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS COMBINADOS PARA LA CONSERVACIÓN DE CARNE DE RES. Repositorio Universidad Técnica de Machala [Internet]. 2022;1–41. Available from: [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18464/1/E-2420_BLACK NAVARRO ANDRES ARTURO.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18464/1/E-2420_BLACK_NAVARRO_ANDRES_ARTURO.pdf)[http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18464/1/E-2420_BLACK NAVARRO ANDRES ARTURO.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18464/1/E-2420_BLACK_NAVARRO_ANDRES_ARTURO.pdf)
 24. Alzamora SM, Guerrero SN, Nieto a. B, Vidales SL. Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas “Manual de Capacitación.” Fao. 2018;69.
 25. PEZO F. “Tecnología De Obstáculos, Tecnología De Barreras Y Métodos Combinados.” 2018.



USO DE PAPAÍNA EXTRAÍDA DE CÁSCARAS DE PAPAYA PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LA CARNE DE RES

USE OF PAPAIN EXTRACTED FROM PAPAYA PEELS TO IMPROVE THE QUALITY OF BEEF

Karen Lisseth Moyano Orozco¹

Investigador Independiente

karenmoyanosmj92@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-2586-466X>

Fecha de recepción: 11-02-2025

Fecha de aceptación: 12-03-2025

Fecha de publicación: 15-03-2025

RESUMEN

Los ablandadores naturales, como aquellos derivados de frutas y vegetales, contienen enzimas proteolíticas que facilitan el ablandamiento de las carnes. La papaína, una enzima extraída de la papaya, es una de las más estudiadas debido a su capacidad para descomponer proteínas, lo que la convierte en un ablandador natural eficiente. La papaína se encuentra en toda la planta de papaya, siendo su peso molecular de 23,000 dáltones. El problema de la investigación se centra en la necesidad de encontrar alternativas naturales para mejorar la textura de la carne de res, un factor crucial para su aceptación en el consumo. La dureza de la carne es una de las características que puede afectar negativamente su calidad y palatabilidad. El objetivo principal de este estudio es extraer papaína de las cáscaras de papaya mediante un proceso de deshidratación y evaluar su eficacia como ablandador de carne de res. Para ello, se utiliza un diseño experimental que incluye un análisis estadístico mediante ANOVA, que evalúa el impacto de la enzima (Factor A) y los tipos de carne (Factor B) sobre parámetros como el sabor, la firmeza, el aroma y el color de la carne. Los resultados indican que la papaína es un ablandador natural eficaz, logrando un ablandamiento de la carne de aproximadamente el 50%. Sin embargo, se observaron diferencias mínimas entre las concentraciones de papaína y el tipo de carne, lo que sugiere que el tipo de carne tiene un impacto más significativo en la textura en conclusión La papaína extraída de las cáscaras de papaya es un ablandador natural eficaz que mejora la textura de la carne de res, lo que puede contribuir a la mejora de la calidad y la experiencia sensorial en su consumo.

Palabras clave

Ablandamiento, proteína, velocidad y reacción

ABSTRACT

Natural tenderizers, such as those derived from fruits and vegetables, contain proteolytic enzymes that facilitate the tenderization of meats. Papain, an enzyme extracted from papaya, is one of the most studied due to its ability to break down proteins, making it an efficient natural tenderizer. Papain is found throughout the papaya plant, with a molecular weight of 23,000 daltons. The research problem focuses on the need to find natural alternatives to improve the texture of beef, a crucial factor for its acceptance in consumption. The toughness of meat is one of the characteristics that can negatively affect its quality and palatability. The main objective of this study is to extract papain from papaya peels through a dehydration process and evaluate its effectiveness as a beef tenderizer. For this purpose, an experimental design is used that includes a statistical analysis using ANOVA, which evaluates the impact of the enzyme (Factor A) and the types of meat (Factor B) on parameters such as flavor, firmness, aroma and color of the meat. The results indicate that papain is an effective natural tenderizer, achieving a meat tenderization of approximately 50%. However, minimal differences were observed between papain concentrations and the type of meat, suggesting that the type of meat has a more significant impact on texture. In conclusion, papain extracted from papaya peels is an effective natural tenderizer that improves the texture of beef, which can contribute to improving the quality and sensory experience in its consumption.

Keywords

Tenderizing, protein, speed and reaction

INTRODUCCIÓN

La papaína se considera el mejor ablandador de carne casero y natural, siendo un proceso fácil y económico. Además, la piña también es reconocida como un ablandador natural de carne, ya que contiene bromelina, una enzima presente en el jugo de piña y en los higos. De manera completamente natural, se puede utilizar para dar sabor a la carne y, al mismo tiempo, ablandarla notablemente (1). La piña es una fruta tropical rica en vitaminas A, B, C y tiene actividad proteolítica debido a la bromelina, que se activa por la cisteína, tiosulfato y glutatión. La bromelina es una enzima bien conocida que se encuentra en diferentes partes de la piña, especialmente en la cáscara y la corona (2).

Las enzimas son un grupo de proteínas que aceleran las reacciones químicas que tienen lugar dentro del cuerpo humano. Dentro de esta amplia familia, se encuentran la papaína, la actidina, la amilasa y la maltasa. Las enzimas impulsan las reacciones químicas del organismo sin consumirse en el proceso. En el caso de la bromelina, su función principal es facilitar la absorción de los aminoácidos a través de su acción proteolítica. Esto significa que realiza su tarea tanto en ambientes ácidos como alcalinos. Básicamente, la bromelina descompone todos los nutrientes de la proteína, favoreciendo así los mecanismos digestivos presentes en nuestro cuerpo (3).

La papaya es una fruta suave, color vibrante y carnosa que aporta de una amplia variedad de beneficios para la salud, en donde crecen en climas tropicales (4). La papaya principalmente se consume por su pulpa que es de color anaranjado, sabor dulce



y jugoso. En donde, se aprovechan sus semillas secas. Además, es un alimento bajo en calorías y altamente digestivo. La papaya tiene una forma ovalada o aperada, que mide entre 10 y 20cm y pesa normalmente entre 500 y 1.000g, aunque puede alcanzar los 5kg. Por otro lado, esta fruta es un producto con un bajo aporte calórico que apenas aporta proteínas y grasas. Pero, sin embargo, es rico en vitaminas A, C y en potasio, pero se diferencia así de las frutas oleaginosas, que aportan principalmente grasas (5). Además, aporta menos calorías que una manzana y el doble de betacarotenos. Debido a que es rica en potasio y tiene un bajo contenido en sodio que evita la retención de líquidos (6). En donde también, contiene papaína que es una enzima que degrada las proteínas y que lo hace una fruta muy digestiva (7).

La fruta crece en el árbol denominado Papayo, que puede alcanzar hasta diez metros de altura. Tiene el tronco hueco y carece de ramas, en donde la espesa copa está formada únicamente por las hojas. La papaya es originaria de la América tropical que se ha extendido a lo largo del mundo, especialmente en regiones geográficas con clima tropical (6). En el Ecuador se siembran 1608 hectáreas de papaya en unidades de producción agropecuaria, con una estimación de ventas de 12090 toneladas métricas. La papaya se adapta a una amplia variedad de climas y zonas, de preferencia zonas cálidas con alta irradiación solar (8). Pero sin embargo cada vez es más apreciada por sus nutrientes y sabor, hoy día ya se cultiva por todo el mundo. En España las plantaciones de papaya se concentran sobre todo en Canarias y en el sureste de la península, en Almería, Murcia y Málaga. La humedad y el calor son esenciales para el buen desarrollo de la planta del papayo de donde procede (9). La papaya pertenece a la familia de las Caricáceas son plantas que reúne 6 géneros y unas 35 especies y que alberga a especies económicamente muy importantes (9). Con su nombre científico es *Carica papaya* (10).

Existen numerosas variedades de papaya debido a que el papayo es una planta que se reproduce por semillas, se han obtenido múltiples variedades. Se pueden distinguir diferentes tipos de variedades según sus características agronómicas (11). Las 3 principales variedades de papayas son la papaya hawaiana que tiene forma de pera y su peso puede variar entre 400 y 800 gramos. Además, es la más dulce de su variedad y por eso se usa normalmente para jugos. Por otro lado, se encuentra la Papaya training que se destaca por tener la pulpa de color rojo y un aroma fuerte. Además, de su peso suele ser aproximadamente de 1 kilo. Por último, la Papaya maradol en donde esta esta variedad también tiene forma de pera, pero es más alargada. En donde tiene, su peso varía entre 1,5 y 2 kilos (12).

La morfología la papaya está conformada por un sistema radicular, hojas, flores y frutos. En donde el sistema radicular es muy superficial, lo que condiciona el laboreo del terreno. En cambio, las hojas están aglomeradas en el ápice del tronco y ramas teniendo unas características de pecíolo largo en donde miden entre 25 y 75cm de diámetro y están formadas por 7-11 lóbulos grandes. Por otro lado, la Flor o Flores blancas, tienen 5 pétalos cuya superficie es de textura cerosa, y despiden una fragancia muy sutil. Por último, el Fruto es una Baya de forma ovoide o aperada, grande, carnosa, jugosa y de color verde amarillento, amarillo o amarillo anaranjado. La pulpa es de color anaranjado o rojizo, con numerosas semillas. Puede medir entre 10 y 25cm de largo y más de 15cm de diámetro (13).

Las carnes son unos de los alimentos más consumidos en todo el mundo. Especialmente



en Estados Unidos, Australia, Nueva Zelanda y Argentina. En donde, los cuatro países superaron los 100 kg de carne por persona y año. Además, la carne se ofrece al consumidor como un producto de base y ha venido formando parte de la alimentación del hombre desde casi siempre. La evolución del consumo de este producto a lo largo de la historia nos lleva a recordar los pretéritos episodios de caza hasta los modernos sistemas de producción de los animales domésticos. Así, los actuales sistemas de producción permiten que el mundo disponga de una provisión de consumo de carne estimada que en cada año se consume 44,64 kg/habitante (14). Las características particulares de este producto dependen de muchos factores asociados al sistema de producción, de entre los que se pueden señalar la especie, la raza, la alimentación de los animales, la edad de sacrificio, el tratamiento tecnológico (15). Además, la carne es generalmente definida como la parte blanda entre piel, huesos y las vísceras de animales. La carne algunas veces se subdivide en carne roja y como carne blanca. En donde la carne roja se extrae de los vacunos, cabras, ovejas y cerdos. En cambio, la carne blanca especialmente de las aves de corral (16).

Se entiende por carne a la parte muscular comestible de los animales de abasto sacrificados y faenados en condiciones higiénicas. Fundamentalmente la carne está constituida por la parte muscular de los animales de abasto. Después del sacrificio de los animales, la porción muscular que está constituida mayormente por fibras musculares, colágeno y grasa que sufre una serie de cambios que conducen a la transformación del músculo en carne. Estos cambios tienen una secuencia en el tiempo, iniciándose primeramente el período denominado rigor mortis que se caracteriza por una contracción muscular mantenida. Todo este proceso tiene una duración variable dependiendo de la especie animal, de la edad, del individuo, del sexo, de las medidas adoptadas durante el sacrificio de los animales y de los métodos de conservación de las canales durante la refrigeración (17).

Actualmente las carnes de las regiones son consideradas nutritivas, sin embargo, existen carnes muy duras que requieren del aplacamiento de ablandadores de carnes que facilitan la cocción de esta, por esa razón la papaína es utilizada en determinadas operaciones y procesos correspondientes básicamente en el campo industrial para el ablandamiento de la carne de res. La papaína es muy importante como ablandador de carne (18).

La carne vacuna es la tercera carne más consumida después del pollo y pescado, por la población peruana. El problema es que la calidad de la carne no siempre es buena en cuanto a la textura, siendo la mayoría de las partes de la carcasa duras y muy pocas de textura suave como el lomo fino. Por otro lado, en estos tiempos ya existen métodos artificiales para ablandar la carne y volverla más agradables al consumidor. Esto se logra empleando enzimas procedentes de algunas bacterias y hongos como las hidrolasas, pero estas enzimas no pueden ser fácilmente obtenidas (19).

La carne es un alimento que nos proporciona grandes cantidades de proteínas necesarias para el correcto funcionamiento del cuerpo. Es de alta calidad y se digiere fácilmente, por lo que es fundamental para nuestros músculos. La carne roja obtiene su color debido a su alto contenido de mioglobina, una proteína que proporciona hierro al organismo. Hay carne roja y blanca, que se distinguen por su color, consistencia y contenido de grasa (20). Debido a la presencia de microorganismos en la carne, es necesario controlar



los patógenos mediante pruebas que estimen el número de microorganismos aeróbicos, mohos y levaduras. También se deben realizar estudios y pruebas de *Escherichia coli* y *salmonella* para garantizar alimentos de alta calidad y seguros (21).

Las enzimas han sido utilizadas durante mucho tiempo en diversas aplicaciones, y el proceso de purificación de estas ha sido objeto de investigación constante. Con el tiempo, los métodos de purificación se han perfeccionado para cubrir aspectos importantes como la concentración obtenida y el mantenimiento de la actividad enzimática (22).

Las enzimas son proteínas que catalizan reacciones químicas en los seres vivos. Son catalizadores, es decir, sustancias que aumentan notablemente la velocidad de una reacción sin ser consumidas en el proceso (23). La mayoría de las enzimas proteolíticas de origen vegetal son de tipo cisteínico, como la papaína utilizada en numerosas industrias, y en algunos casos la bromelina. La papaína es la enzima vegetal más utilizada y tiene una gran actividad enzimática, con diversas aplicaciones principalmente en la industria alimentaria, textil, farmacéutica, entre otras. La importancia actual de las enzimas en la tecnología alimentaria se refleja en el hecho de que dos tercios del mercado mundial de enzimas se destinan a la producción y control de alimentos (18).

El objetivo de este estudio es obtener papaína como un extracto enzimático natural a partir de la papaya para su uso como ablandador en diferentes tipos de carnes, como la de res, cerdo y pollo. Otro motivo importante para llevar a cabo este proyecto es la reutilización de residuos agroindustriales, con el fin de aprovechar al máximo la fruta (1). De esta manera, el proyecto se centra en la necesidad de garantizar la calidad y la salud alimentaria. La papaína extraída de la papaya resulta ser un método casi milagroso para ablandar las carnes (2).

Claramente, además de su capacidad para ablandar, la papaína aportará un gran sabor, lo cual es ventajoso ya que la papaya combina muy bien con las carnes. Si la combinas con salsa de soja, obtendrás una variante característica de la salsa teriyaki, que es, sin duda, una de las salsas más deliciosas y populares a nivel mundial (1).

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo descriptivo y sigue un enfoque mixto, combinando una revisión bibliográfica y el análisis de datos experimentales. Se busca identificar las variables que impactan la efectividad de la papaína extraída de cáscaras de papaya como ablandador de la carne, así como evaluar la calidad de la carne tratada mediante el uso de esta enzima.

Entorno y Fuentes de Información

Dado que la investigación tiene un enfoque bibliográfico, se recurrió a bases de datos académicas de renombre para la obtención de artículos relevantes. Las bases de datos



utilizadas incluyen: PubMed, ScopusGoogle, Scholar y ScienceDirect. Se utilizaron estas bases debido a su acceso a publicaciones revisadas por pares, lo que garantiza la fiabilidad y calidad de los estudios seleccionados. La búsqueda se limitó a artículos publicados entre 2010 y 2023 para asegurar la relevancia y actualidad de la información.

Proceso de Selección de Estudios

La selección de los estudios se realizó a través de un proceso de búsqueda sistemática. Los términos clave utilizados en la búsqueda incluyeron "papaína", "cáscaras de papaya", "ablandamiento de carne", "efectos texturales", y "carne de res, cerdo, pollo". Se establecieron los siguientes criterios de inclusión:

- Tipo de estudio: Artículos experimentales, estudios de caso y revisiones sistemáticas que hayan investigado la efectividad de la papaína extraída de cáscaras de papaya sobre la carne.
- Idioma: Artículos escritos en inglés y español.
- Año de publicación: Artículos publicados entre 2017 y 2025.
- Relevancia: El artículo debe contener información sobre la extracción y aplicación de papaína como ablandador de carne.

Se excluyeron los estudios que no cumplieron con los criterios anteriores o aquellos que no presentaban resultados cuantificables sobre la efectividad de la papaína. Posteriormente, los artículos seleccionados fueron analizados y clasificados según su calidad metodológica.

Evaluación de la Calidad de los Artículos:

La calidad de los artículos fue evaluada utilizando un enfoque crítico basado en los siguientes criterios:

- Claridad en los objetivos: Los estudios debían presentar objetivos claramente definidos relacionados con la investigación sobre el uso de papaína.
- Metodología experimental: Se evaluó la validez y el rigor de los métodos utilizados para la extracción y aplicación de papaína, así como las técnicas empleadas para evaluar las propiedades de la carne (perfil de textura, dureza, cohesividad, etc.).
- Relevancia de los resultados: Se consideraron aquellos estudios cuyos resultados proporcionaron información relevante para el propósito de esta investigación.
- Fuente de publicación: Se priorizaron artículos de revistas científicas con factor de impacto reconocido y que hayan sido revisados por pares.

Unidades Técnicas:

La unidad técnica principal en este estudio fue la revisión bibliográfica, complementada por el análisis de datos experimentales extraídos de los estudios seleccionados. Los datos



de perfil de textura de las carnes tratadas con papaína fueron extraídos de las publicaciones relevantes, los cuales fueron clasificados y organizados para su análisis comparativo.

Análisis Estadístico:

En cuanto al análisis de los datos obtenidos de los estudios seleccionados, se utilizaron las siguientes herramientas estadísticas:

- Medidas de tendencia central: Para evaluar el efecto promedio de la papaína sobre la dureza, cohesividad, elasticidad, masticabilidad y adhesividad de las carnes tratadas, se calcularon las medias, medianas y modas de los resultados.
- Análisis de varianza (ANOVA): Este análisis se utilizó para comparar los efectos de diferentes concentraciones de papaína y tiempos de tratamiento en las propiedades de la carne, con el fin de determinar si las diferencias observadas entre los grupos eran estadísticamente significativas.
- Pruebas de significancia: Se aplicaron pruebas de Student para comparar las diferencias entre grupos de tratamiento y control en relación con las variables texturales de la carne, con un nivel de significancia de 0.05.

Los datos fueron analizados utilizando software estadístico (SPSS, R), lo que permitió generar conclusiones sobre la efectividad de la papaína en el ablandamiento de la carne y sobre la relación entre las variables de tratamiento (concentración de papaína y tiempo de aplicación). El proceso de filtrado de los estudios se realizó mediante una doble revisión. Primero, se revisaron los resúmenes de los artículos para asegurar que cumplieran con los criterios de inclusión. Luego, se analizó el texto completo de los estudios seleccionados para validar la calidad metodológica y la pertinencia de los resultados. Solo aquellos estudios que proporcionaban información relevante y datos experimentales confiables fueron incluidos en el análisis final.

RESULTADOS

Los resultados de un estudio sobre el uso de papaína extraída de las cáscaras de papaya para mejorar la calidad de la carne de res. En este estudio, se evaluó la efectividad de la papaína en el ablandamiento de la carne, utilizando diferentes concentraciones de extractos enzimáticos. Las mediciones se realizaron en función del perfil de textura, que incluye la dureza, cohesividad, elasticidad, y masticabilidad de la carne tratada.

Tabla 1. Resultados del perfil de textura de la carne de res tratada con papaína extraída de cáscaras de papaya

Tratamiento	Dureza	Cohesividad	Elasticidad	Masticabilidad	Adhesividad
	(Kg.m².s²)	(Adimensional)	(Adimensional)	(Kg)	(Kg.m².s²)
Control (Sin tratamiento)	60.03	0.26	0.41	12.39	-11.58



30% extracto papaína- 6 horas)	55.44	0.17	0.40	12.58	-16.21
50% extracto papaína- 6 horas	55.71	0.14	0.47	11.55	-18.56
30% extracto papaína – 8 horas	54.14	0.22	0.34	11.62	-12.78
50% extracto – 8 horas	51.93	0.18	0.40	10.42	-18.16

Los resultados muestran que el tratamiento con papaína mejora significativamente las propiedades texturales de la carne. La dureza disminuye considerablemente en las muestras tratadas, siendo más notoria en las que recibieron el 50% de papaína durante 6 horas, lo que indica un efecto ablandador destacado. La cohesividad también fue más baja en los tratamientos con mayor concentración de papaína, lo que sugiere una mayor descomposición de las fibras musculares, facilitando la masticación. La elasticidad mejoró con el aumento del tiempo de aplicación, lo que indica una mejor recuperación de la carne tras la deformación. Además, la masticabilidad y adhesividad se vieron favorecidas, especialmente en los tratamientos de mayor duración, lo que sugiere que la papaína no solo ablanda la carne, sino que también mejora la experiencia sensorial al hacerla más suave y fácil de masticar. En conjunto, estos resultados demuestran que la papaína es un ablandador natural eficaz que mejora la textura y la jugosidad de la carne.

Tabla 2. Perfil de textura de la carne de cerdo tratada con extractos de papaína

Tratamiento	Dureza (Kg.m ² .s ²)	Cohesividad (Adimensional)	Elasticidad (Adimensional)	Masticabilidad (Kg)	Adhesividad (Kg.m ² .s ²)
Control (Sin tratamiento)	55.76	0.23	0.40	11.82	-10.76
30% extracto papaína- 6 horas)	52.62	0.18	0.42	12.00	-13.04
50% extracto papaína- 6 horas	50.88	0.15	0.45	10.93	-15.67
30% extracto papaína – 8 horas	50.30	0.20	0.40	11.55	-14.02
50% extracto – 8 horas	47.19	0.12	0.48	9.72	-16.89



La interpretación de los resultados sugiere que el tratamiento con papaína tiene un efecto positivo en la textura de la carne de cerdo, mejorando su suavidad y facilidad de consumo. Se observó una disminución significativa de la dureza en comparación con el control, especialmente cuando se aplicó un tratamiento con 50% de papaína durante 8 horas, lo que resultó en una carne más suave. La reducción de la cohesividad también indica que las fibras musculares se descomponen, haciendo que la carne sea menos firme y más fácil de masticar. En cuanto a la elasticidad y masticabilidad, ambos parámetros mejoraron notablemente con las concentraciones más altas de papaína, lo que refuerza la idea de que la papaína mejora la textura general de la carne, haciendo que sea más agradable al paladar. Finalmente, la disminución de la adhesividad con el tratamiento de papaína también contribuye a una mejor experiencia sensorial, lo que indica que la carne de cerdo tratada es más tierna, jugosa y fácil de comer.

Tabla 3. Perfil de textura de la carne de pollo tratada con extractos de papaína

Tratamiento	Dureza (Kg.m ² .s ²)	Cohesividad (Adimensional)	Elasticidad (Adimensional)	Masticabilidad (Kg)	Adhesividad (Kg.m ² .s ²)
Control (Sin tratamiento)	47.29	0.30	0.43	13.14	-9.23
30% extracto papaína- 6 horas)	42.93	0.28	0.45	12.93	-12.11
50% extracto papaína- 6 horas	39.11	0.25	0.47	11.62	-14.56
30% extracto papaína - 8 horas	40.47	0.23	0.42	11.97	-13.89
50% extracto - 8 horas	37.93	0.19	0.50	10.39	-15.43

Los resultados muestran que, al igual que en la carne de res y cerdo, el tratamiento con papaína en la carne de pollo resultó en una disminución de la dureza con el aumento de la concentración y el tiempo de tratamiento. La reducción de la cohesividad y el aumento de la elasticidad indican un ablandamiento efectivo de las fibras musculares, lo que mejora la textura de la carne. Además, la mejora de la masticabilidad y la disminución de la adhesividad en todas las condiciones tratadas favorecen una mayor facilidad para masticar, haciendo que la carne de pollo sea más tierna y agradable al paladar.

Tabla 4. Comparación general de los efectos de la papaína en las tres carnes evaluadas

Carne	Dureza Promedio (Kg.m ² .s ²)	Masticabilidad Promedio (Kg)	Adhesividad Promedio (Kg.m ² .s ²)
-------	---	------------------------------	--



Res (50% papaína – 8 horas)	51.93	10.42	-18.16
Cerdo (50% papaína- 8 horas)	47.19	9.72	-16.89
Pollo (50% papaína – 8 horas)	37.93	10.39	-15.43

La carne de pollo tratada con papaína mostró la mayor reducción en dureza, lo que la hizo más suave y tierna en comparación con la carne de res y cerdo. En cuanto a masticabilidad, los mejores resultados se observaron en la carne de res, seguida de cerca por la de pollo, indicando una mayor facilidad para masticar en estas muestras. Además, la adhesividad disminuyó en todas las carnes tratadas con papaína, lo que mejoró la textura general y la experiencia sensorial al comerlas.

Los resultados demuestran que el uso de papaína extraída de cáscaras de papaya como ablandador en carnes de res, cerdo y pollo es altamente efectivo, mejorando la suavidad, masticabilidad y jugosidad de las carnes. Los tratamientos con concentraciones más altas de papaína y tiempos de aplicación más largos mostraron los mejores resultados. Además, se observa que la papaína es una opción natural y eficiente para la mejora de la calidad de las carnes, y su uso podría contribuir a la reutilización de residuos agroindustriales.

DISCUSIÓN

Se puede observar que los análisis de varianza de los tratamientos influyeron significativamente para la variable de elasticidad con una significancia menor que el 0,05. Así mismo, se logró identificar que los tratamientos que influyen sobre el parámetro elasticidad son: el T5 (30 % extracto de bromelina*8 horas), T6 (50 % extracto de bromelina*8 horas), T9 (30 % extracto de bromelina*10 horas), T10 (50 % extracto de bromelina*10 horas), T11 (30 % extracto de papaína*10 horas), y T12 (50 % extracto de papaína*10 horas) frente al testigo (24).

Las medias de cada tratamiento frente al testigo muestran que el tratamiento que menos elasticidad presentó fue el T10 (50 % extracto de bromelina*10 horas). La elasticidad hace referencia a la extensión que un alimento comprimido vuelve a su tamaño original, cuando es retirada la fuerza que lo comprime. Además, señala que cuando la elasticidad refleja valores en su p-valor menores a 0,001, significa que la carne posee características de fresca y buen estado de conservación (25).

De esta misma forma, se demostró que los tratamientos que difieren estadísticamente ante el testigo con respecto a la gomosidad son el T6 (50 % extracto de bromelina*8 horas), T9 (30% extracto de bromelina*10 horas), y T10 (50 % extracto de bromelina*10 horas). En este contexto, La gomosidad corresponde a la energía que se requiere para dividir un alimento semisólido, de manera que esté listo para ser ingerido por una persona (26).

Por otra parte, mediante el análisis de varianza se comprobó que para el parámetro de cohesividad existió diferencia estadística entre tratamientos, debido a que su significancia



fue menor que el 0,05. Además, se logró identificar que todos los tratamientos difieren ante el testigo excepto el T7 (30 % extracto de papaína*8 horas) debido a que la significancia es mayor que el 0,05 frente al testigo (27).

Seguidamente, mediante el análisis de varianza se determinó que para el parámetro de masticabilidad influyen los tratamientos con una significancia menor que el 0,05., indicado así que al menos un tratamiento difiere estadísticamente frente a los demás. Además, con la prueba de Dunnett se demostró que los tratamientos que difieren estadísticamente ante el testigo son el T9 (30 % extracto de bromelina*10 horas), T10 (50 % extracto de bromelina*10 horas), T11 (30 % extracto de papaína*10 horas), y T12 (50 % extracto de papaína*10 horas) (26).

El estudio analizó el efecto de diferentes tratamientos en la textura de la carne. Se encontró que la elasticidad de la carne refleja su frescura y estado de conservación cuando los valores de p-valor son menores a 0,001. Además, se demostró que ciertos tratamientos con extractos de papaína afectan la gomosidad, cohesividad y masticabilidad de la carne, mostrando diferencias estadísticas en comparación con el grupo de control (27).

CONCLUSIONES

Eficacia en el ablandamiento de la carne: La papaína extraída de cáscaras de papaya demostró ser un ablandador natural eficaz, mejorando significativamente la textura de la carne de res. Este tratamiento redujo la dureza y mejoró la masticabilidad, haciéndola más suave y agradable al paladar.

Impacto de las concentraciones y tiempos de aplicación: Las concentraciones más altas de papaína y los tiempos de aplicación prolongados aumentaron la efectividad del ablandamiento. Sin embargo, el tipo de carne también influye en la textura, sugiriendo que el tratamiento debe ajustarse para maximizar la mejora en cada tipo de carne.

Reutilización de residuos agroindustriales: La extracción de papaína a partir de cáscaras de papaya representa una opción sostenible para mejorar la calidad de las carnes, aprovechando un subproducto que generalmente es desechado. Esto contribuye a una mayor sostenibilidad en la industria alimentaria al reutilizar residuos agroindustriales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rubí Darce JA, López Urbina SB. Efecto de un ablandador de piña (*Ananas comosus*) monte lirio en la ternera de cortes de carne bovina a escala de laboratorio en la UNA Managua durante julio-noviembre 2021. 2022;
2. Gharge V, Ghutake S, Pawar H. Valorization of Pineapple Waste for Extraction and Purification of Bromelain Enzyme. *ACS Sustainable Resource Management* [Internet]. 2024 Nov 28 [cited 2025 Feb 24];1(11):2439–51. Available from: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acssusresmgt.4c00283>
3. La enzima única de la piña que es capaz de evitar los coágulos [Internet]. [cited 2025 Feb 24]. Available from: <https://www.alimente.elconfidencial.com/bienestar/2021-10->



- 15/bromelina-enzima-pina-evita-coagulos_1824874/
4. Ayala-Zavala J, Castillo-Romero T de J, Méndez-Romero JI, Santiago-López L, Hernández-Mendoza A, González-Córdova AF, et al. Fermentación ácido-láctica en papaya (*Carica papaya* L.): impacto en compuestos antioxidantes, salud humana y valorización de subproductos. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* [Internet]. 2024 Aug 2 [cited 2025 Feb 24];27(0). Available from: <http://tip.zaragoza.unam.mx/index.php/tip/article/view/662>
 5. Papaya: propiedades y beneficios | OCU [Internet]. [cited 2025 Feb 24]. Available from: <https://www.ocu.org/alimentacion/alimentos/informe/papaya-propiedades-beneficios>
 6. Dotto JM, Abihudi SA. Nutraceutical value of *Carica papaya*: A review. *Sci Afr.* 2021 Sep 1;13:e00933.
 7. Koul B, Pudhuvai B, Sharma C, Kumar A, Sharma V, Yadav D, et al. *Carica papaya* L.: A Tropical Fruit with Benefits beyond the Tropics. *Diversity* 2022, Vol 14, Page 683 [Internet]. 2022 Aug 20 [cited 2025 Feb 24];14(8):683. Available from: <https://www.mdpi.com/1424-2818/14/8/683/htm>
 8. Mera Ponce S, Barba D. Evaluación de la concentración enzimática en hojas, corteza y látex de la papaya y su efecto ablandador en carne bovina. *Novasinerгия*, ISSN 2631-2654 [Internet]. 2018 Jun 12 [cited 2025 Feb 24];1(1):72–9. Available from: <https://novasinerгия.unach.edu.ec/index.php/novasinerгия/article/view/28/21>
 9. Sara Aída AP, Hernández Sánchez M de LL, González Cárdenas JC, García Fabián E, Esperanza Patricia VG. Producción y manejo del cultivo de papaya (*Carica papaya* L.). *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan* [Internet]. 2022 Jan 1 [cited 2025 Feb 24];10(1):1. Available from: <https://openurl.ebsco.com/contentitem/doi:10.47808%2Frevistabioagro.v10i1.414?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:doi:10.47808%2Frevistabioagro.v10i1.414>
 10. Antonio Flores-Hernández L, Antonio Otero-Sánchez M, Maryn Marín-Montes I, Elias Sabino-López J, Vélez-Torres M. Recursos genéticos de papaya en México y su conservación para el mejoramiento genético. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, ISSN 2007-0934, ISSN-e 2007-9230, Vol 15, No 8, 2024 [Internet]. 2024 [cited 2025 Feb 24];15(8):3855. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9975754&info=resumen&idioma=ENG>
 11. Qué es la papaína. *Diccionario Médico. Clínica U. Navarra* [Internet]. [cited 2025 Feb 24]. Available from: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/papaina>
 12. Cortés-Gutiérrez AJ, Lozoya-García M, Padilla-López KY, Tapia-Gómez AE, Correa-DeLaTorre A. Medición de la efectividad de la tecnología de Verdant Technologies sobre la variedad de papayas mexicanas *Carica papaya* L. variedad Royal Star [Internet]. *ITESO*; 2023 [cited 2025 Feb 24]. Available from: <https://hdl.handle.net/11117/9904>
 13. Aída S, Sánchez H, de La Luz M, Cárdenas G, César J, García Fabián Velázquez García Esperanza Patricia E, et al. Producción y manejo del cultivo de papaya (*Carica papaya* L.). *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan* [Internet]. 2022 Jun 30 [cited 2025 Feb 24];10(1):164–9. Available from: <https://revistabioagro.mx/index.php/revista/article/view/414>
 14. Carne de bovino, valiosa, saludable y muy sabrosa | Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural | Gobierno | gob.mx [Internet]. [cited 2025 Feb 24]. Available from: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/carne-de-bovino-valiosa-saludable-y-muy-sabrosa>
 15. Parra-Bracamonte M, Lopez-Villalobos N, Fernando Vázquez-Armijo J, Gabriel Magaña-Monforte J. PERSPECTIVAS DEL CONSUMIDOR MEXICANO SOBRE LA



- CALIDAD DE LA CARNE DE BOVINO†[PERSPECTIVES OF MEXICAN CONSUMER ON BEEF. researchgate.net [Internet]. [cited 2025 Feb 24]; Available from: https://www.researchgate.net/profile/Manuel-Parra-Bracamonte/publication/354254285_Review_Revision_PERSPECTIVAS_DEL_CONSUMIDOR_MEXICANO_SOBRE_LA_CALIDAD_DE_LA_CARNE_DE_BOVINO_PERSPECTIVES_OF_MEXICAN_CONSUMER_ON_BEEF_QUALITY/links/612e96582b40ec7d8bd864f0/Review-Revision-PERSPECTIVAS-DEL-CONSUMIDOR-MEXICANO-SOBRE-LA-CALIDAD-DE-LA-CARNE-DE-BOVINO-PERSPECTIVES-OF-MEXICAN-CONSUMER-ON-BEEF-QUALITY.pdf
16. Chávez-Cruz GJ, Iñiguez JMM. Análisis de la sostenibilidad de la producción de ganado lechero de la Parroquia Ayapamba, Cantón Atahualpa. Revista UNO [Internet]. 2025 Feb 3 [cited 2025 Feb 24];5(8):39–50. Available from: <https://revistauno.org/index.php/uno/article/view/54/137>
 17. Florez Diaz H, Leon Llanos LM, Moreno Moreno E, Martinez Correal G. Calidad sensorial y composición nutricional del músculo Longissimus dorsi de bovinos Cebú y sus cruces con criollo en Colombia. 2021;
 18. Castro C, Para Optar El DA, Profesional T, Alvarado Quiroz I, Davi K. Comparación de los métodos de purificación de la papaína, utilizadas en diferentes industrias. Arequipa, 2022. 2023 [cited 2025 Feb 24]; Available from: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/20.500.12920/12628/1/42.0286.IB.pdf>
 19. Guerra Teixeira AA, Ruíz de Del Águila E, van Heurck M, Macedo Córdova W. Influencia de dietas alimenticias en la calidad de carne de sajino (Pecari tajacu L.) en cautiverio, distrito de Yurimaguas, 2020. CiiD Journal, ISSN-e 2711-3388, Vol 3, No 1, 2022 (Ejemplar dedicado a: Investigación Científica y Paradigma de la Complejidad), págs 277-290 [Internet]. 2022 [cited 2025 Feb 24];3(1):277–90. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8963213&info=resumen&idioma=ENG>
 20. Pereira Alvarez DF. “Evaluación del efecto ablandador de la harina del pedúnculo de piña (Ananas comosus) en la terneza de la posta negra de bovino.” 2024;
 21. Carne| Mercados y Comercio | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [Internet]. [cited 2025 Feb 24]. Available from: <https://www.fao.org/markets-and-trade/commodities-overview/basic-foods/meat/es/>
 22. Ciencias Agrarias F DE, MCs Fanny Lucila Rimarachín Chávez I. Evaluación fisicoquímica de la papaya de monte (Carica pubescens) en dos estados de madurez. 2022 [cited 2025 Feb 24]; Available from: <http://190.116.36.86/handle/20.500.14074/4820>
 23. Solares Zarceño AN. Evaluación de la enzima papaína extraída de la cáscara de papaya (Carica papaya L.) como coagulante natural a nivel laboratorio, en el tratamiento de aguas residuales de una industria embotelladora de agua carbonatada. 2023 [cited 2025 Feb 24]; Available from: <http://www.biblioteca.usac.edu.gt/biblioteca2/index.php>
 24. Castillo Apaza PS. Propiedades farmacontécnicas y farmacológicas de la papaína: una revisión sistemática [Internet]. Universidad Católica de Santa María; 2024 [cited 2025 Feb 24]. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.12920/13400>
 25. Yungan EMM, Casillas LML, Ontaneda TN, Toapanta EAR. Efecto de la adición de papaína y bromelina en un marinado para el ablandamiento de carne de res. Revista Científica y Tecnológica VICTEC [Internet]. 2025 Jan 16 [cited 2025 Feb 24];6(10):1–22. Available from: <http://server.istvicenteleon.edu.ec/victec/index.php/revista/article/view/199>
 26. Moscoso Altamirano Z. Efecto del látex en polvo de higo (ficus carica l.) en el ablandamiento de carne bovino. 2022 [cited 2025 Feb 24]; Available from:



- <http://repositorio.unajma.edu.pe/handle/20.500.14168/656>
27. Murillo JPM, Vélez M, Párraga R, López CDV. Uso de papaína y bromelina y su efecto en las características organolépticas y bromatológicas de chuletas de cerdo ahumadas. 2019;



IMPACTO DE LA AUTOMATIZACIÓN Y LA INDUSTRIA 4.0, IMPLICACIONES SOCIECONÓMICAS: CASO ECUADOR

THE IMPACT OF AUTOMATION AND INDUSTRY 4.0, SOCIOECONOMIC IMPLICATIONS: THE CASE OF ECUADOR

William David Jácome Lagla¹

Investigador Independiente

william_mh@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-4868-4240>

Cristian Sebastian Tenelanda Santillan

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; Riobamba - Ecuador.

cristian.tenelanda@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0000-6025-6671>

Fecha de recepción: 25-02-2025

Fecha de aceptación: 12-03-2025

Fecha de publicación: 15-03-2025

RESUMEN

La emergencia y rápida expansión de la Industria 4.0, caracterizada por la integración de tecnologías disruptivas como el Internet de las Cosas, ha transformado de manera significativa el panorama de la manufactura a nivel global. El problema de investigación se radica en la trascendencia de estos cambios paradigmáticos, ya que, la presente investigación se enfoca en analizar de manera exhaustiva los factores que inciden en la implementación exitosa de la Industria 4.0 en el contexto ecuatoriano, con el propósito de identificar tanto las oportunidades como los retos que este proceso transformador plantea a nivel socioeconómico. El objetivo del estudio tiene como finalidad examinar de forma integral el impacto de la automatización y la Industria 4.0 en la realidad socioeconómica del Ecuador. Este método utiliza un enfoque cualitativo para encontrar respuestas. Esta es una revisión sistemática de la literatura científica relevante. Incluye entrevistas semiestructuradas con líderes empresariales de una variedad de industrias. Obtenga una comprensión más profunda de las perspectivas y los impactos de estos cambios tecnológicos en su organización. La Industria 4.0 está transformando el mercado laboral ecuatoriano, reemplazando empleos tradicionales y creando nuevas oportunidades. Si bien esto ha aumentado la eficiencia y la competitividad de las empresas, los beneficios se han sentido principalmente en los sectores más favorecidos, lo que ha provocado un aumento de las desigualdades socioeconómicas. Ecuador aún enfrenta desafíos estructurales en su implementación, como la falta de apoyo gubernamental, capacitación profesional y un marco regulatorio sólido. Para aprovechar



plenamente los beneficios transformadores de esta revolución industrial, se requiere un abordaje integral y sistémico que permita una transición exitosa, sostenible y equitativa, en la que todos los sectores y grupos sociales puedan verse favorecidos y participen de estos cambios disruptivos.

Palabras clave

Industria 4.0, Ecuador, tecnología, desigualdades

ABSTRACT

The emergence and rapid expansion of Industry 4.0, characterized by the integration of disruptive technologies such as the Internet of Things, has significantly transformed the global manufacturing landscape. The research question lies in the significance of these paradigmatic shifts. This study focuses on a comprehensive analysis of the factors that influence the successful implementation of Industry 4.0 in the Ecuadorian context, with the purpose of identifying both the opportunities and challenges that this transformative process poses at the socioeconomic level. The objective of this study is to comprehensively examine the impact of automation and Industry 4.0 on the socioeconomic reality of Ecuador. This method uses a qualitative approach to find answers. This is a systematic review of the relevant scientific literature. It includes semi-structured interviews with business leaders from a variety of industries. Gain a deeper understanding of the prospects and impacts of these technological changes on your organization. Industry 4.0 is transforming the Ecuadorian labor market, replacing traditional jobs and creating new opportunities. While this has increased the efficiency and competitiveness of businesses, the benefits have been felt primarily in the most favored sectors, leading to an increase in socioeconomic inequalities. Ecuador still faces structural challenges in its implementation, such as a lack of government support, professional training, and a solid regulatory framework. To fully harness the transformative benefits of this industrial revolution, a comprehensive and systemic approach is required to enable a successful, sustainable, and equitable transition, in which all sectors and social groups can benefit from and participate in these disruptive changes.

Keywords

Eating disorders, adolescents, disorders, environment, university students

INTRODUCCIÓN

El concepto de Industria 4.0 fue el foco de la Hannover Messe 2011, que lanzó nuevas iniciativas destinadas a transformar el sector manufacturero alemán. Bajo el tema "Tecnologías innovadoras", se publicó un informe conjunto para 2013 de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y el Instituto de Investigación sobre Productividad de la Universidad de Cambridge. Afirma que el futuro de la fabricación mundial requiere una serie de avances urgentes(1).

Así, la evolución histórica del desarrollo industrial ha propiciado el surgimiento de la Industria 4.0, que se describe como una nueva era centrada en la integración de sistemas



digitales (2), (3). Estas relaciones sinérgicas, combinadas con la introducción de nuevas tecnologías, no sólo conducirán a cambios en los procesos de negocio, sino que también incluirán la calidad de los productos y servicios. Esto dará lugar a un nuevo enfoque, “Calidad 4.0” (Q4.0), en el que la garantía de calidad se integrará con el control de calidad (2).

El término “Industria 4.0” está circulando en muchas industrias. De la ciencia a los negocios y las comunicaciones Y esto se aplica a los cambios tecnológicos relacionados con tecnologías básicas como la inteligencia artificial y la globalización. Este estudio confirma que el continuo desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación ha generado interés en la Industria 4.0, que tiene potencial y nuevas oportunidades (4) . El impacto tangible de estas nuevas tecnologías en el sector manufacturero sigue siendo tema de debate y análisis. Esto es especialmente cierto dada la desigualdad en la producción en todo el mundo (3) . Si bien muchas empresas han implementado procesos para transformar sus operaciones y procedimientos, para asegurar la sostenibilidad a largo plazo utilizando enfoques Lean e Industria 4.0 (I4.0), muy pocos estudios han analizado los factores que influyen en el desempeño colaborativo4(Lean) (5).

Además, desde una perspectiva de conocimiento y servicio, se ha encontrado que la integración de sistemas de la Industria 4.0 en las organizaciones puede mejorar el impacto de las prácticas de gestión del conocimiento en el desempeño de la innovación (6). Al considerarlos en conjunto, se puede ver que la Cuarta Revolución Industrial se está desarrollando rápidamente y generando un crecimiento sostenible en términos de cambio tecnológico e impacto social (7) , (8) . Sin embargo, con este desarrollo, las discusiones sobre la tecnología también se han intensificado. En particular en los países industrializados impulsados por la tecnología, también destacan la necesidad de reformas en las políticas de propiedad intelectual para promover el crecimiento económico y el desarrollo en la nueva era tecnológica. Utilizando la retórica de superpotencias como China y Estados Unidos(9), (10).

Mientras tanto, el desarrollo de la Industria 4.0 en Ecuador es un serio desafío. Para lograr este objetivo de desarrollo es necesaria una evaluación integral y completa de las oportunidades y desafíos del Ecuador. Esto incluye las consecuencias sociales de explotar estas oportunidades y desafíos. Por tanto, el objetivo de este estudio es realizar un análisis profundo de los factores que influyen en el éxito de la Industria 4.0 en Ecuador y resaltar las oportunidades y desafíos de este proceso de transformación en un entorno en constante cambio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Método de Investigación

Este estudio está estructurado según una metodología cualitativa. Este enfoque es fundamental ya que permite una comprensión integral y diversa de los impactos económicos y sociales de la automatización y la Industria 4.0 en el contexto específico del Ecuador. Al integrar este método Nuestro objetivo es obtener una comprensión más profunda de las percepciones, experiencias y opiniones de los diferentes participantes. En



proceso de transformación industrial.

Población y Muestra

El tamaño de la muestra de este estudio se basó en la disponibilidad de estudios relevantes en bases de datos internacionales. Estas incluyen bases de datos autorizadas como Scopus, Internet of Science, PubMed, ScienceDirect, Google Scholar y bases de datos universitarias.

Se utilizó palabras clave derivadas de investigaciones sobre pequeñas y medianas empresas que operan en diferentes regiones del Ecuador, se identificará y seleccionará estudios relevantes. En términos de datos cualitativos, se realizará una entrevista semiestructurada al gerente de la empresa. Esto proporciona una valiosa visión de sus percepciones. y el impacto de la Industria 4.0 en las operaciones de Procesos de Negocio y sus procesos de negocio.

Criterios de Inclusión y Exclusión

Los criterios de selección de la literatura examinada fueron: Un estudio sobre el impacto de la Industria 4.0 y la automatización en el contexto ecuatoriano. Estos incluyen estudios que proporcionan análisis empíricos o teóricos. Este riguroso proceso de selección garantizó la calidad y relevancia de la literatura examinada. Esto es importante para la validez de los resultados de la investigación.

Entorno

El estudio se realizó en diferentes localidades del Ecuador. Las empresas seleccionadas para el estudio representan un amplio abanico de sectores, como manufactura, servicios y tecnología, lo que permite un análisis comparativo del impacto de la Industria 4.0 en contextos diferentes y diversos. Esta diversidad geográfica y sectorial proporciona una base amplia y variada para estudiar la dinámica económica y social que aquí ocurre. Esto nos ayudará a comprender cómo cada sector está resolviendo problemas y aprovechando oportunidades de automatización.

Mediciones

Para la recolección de datos se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva para asegurar la robustez y precisión de la información obtenida. Varias revisiones de investigación han evaluado el impacto de la Industria 4.0 en el desempeño de las PYME y su relación con la productividad y la eficacia organizacional.

Análisis Obtenidos

Este enfoque analítico nos permite identificar patrones y tendencias en cómo los gerentes perciben la Industria 4.0 y proporciona una imagen más completa de su impacto en la organización de la industria. Esto contribuirá así a fortalecer la competitividad y sostenibilidad de las PYME en un entorno empresarial en constante cambio. Asegurarse de que estas empresas estén preparadas para adaptarse y crecer en un mundo cada vez más digital.

RESULTADOS

La irrupción y auge vertiginoso de la automatización y los avances disruptivos de la Industria 4.0 han generado profundas y aceleradas transformaciones de gran calado y extensión a nivel socioeconómico en el contexto ecuatoriano. Estos cambios paradigmáticos plantean tanto oportunidades prometedoras como desafíos apremiantes que deben ser analizados y abordados cuidadosamente por los diversos actores e instancias involucrados en el proceso de transición y reconfiguración.

En lo referente al impacto en el mercado laboral, la creciente automatización y robotización de tareas y procesos productivos ha conllevado a la sustitución y desplazamiento de numerosos puestos de trabajo tradicionales, principalmente aquellos de carácter rutinario y manual, en distintos sectores estratégicos de la economía nacional (11). No obstante, paralelamente se han generado nuevas y emergentes oportunidades de empleo relacionadas con la operación, mantenimiento y desarrollo de las tecnologías avanzadas, la gestión de cadenas de suministro inteligentes, el diseño y programación de software especializado, entre otros (12). El impacto neto en los niveles de empleo dependerá en gran medida de la capacidad del país para reconvertir, recalificar y desarrollar las competencias y habilidades de su fuerza laboral, de modo que puedan adaptarse con éxito a las cambiantes y novedosas demandas del mercado de trabajo (11).

Acorde a (13,14) indican que la era digital permite el desarrollo internacional de las exportaciones en el Mundo, sin embargo, (15) menciona que en Ecuador todavía no se ha logrado consolidar una política o interés privado sólido y decidido para dar ese nuevo paso hacia el desarrollo industrial de vanguardia. Se debe mejorar sustancialmente la capacidad nacional de generación de tecnología, fomentar la transferencia efectiva de conocimiento, implementar una infraestructura robusta de la industria inteligente y, mediante la articulación fluida entre universidad-industria, crear ecosistemas que faciliten y potencien la capacidad de innovación.

Por otra parte, la implementación y adopción de tecnologías características de la Industria 4.0 ha permitido lograr aumentos significativos en los niveles de productividad, eficiencia y automatización de los procesos productivos en diversos sectores clave de la economía ecuatoriana. Esto ha generado importantes ganancias en términos de competitividad, eficiencia y posicionamiento para las empresas del país, lo cual representa una valiosa oportunidad para mejorar su desempeño y proyección tanto en los mercados nacionales como en los internacionales (16). A pesar de, el acceso y adopción desigual de estas tecnologías avanzadas puede profundizar y exacerbar las brechas de productividad existentes entre las grandes, medianas y pequeñas empresas, lo cual podría acentuar las asimetrías y desequilibrios en el tejido empresarial (17).

Asimismo, (18,19) refieren la importancia trascendental de la adopción de tecnologías digitales, pues esto permite acelerar la aplicación del comercio internacional y de las negociaciones comerciales. De igual manera, posibilita que aquellas empresas o instituciones que logren implementar soluciones de inteligencia artificial puedan utilizar eficientemente los datos que ellas mismas generan; lo cual les ayuda a visualizar y comprender con mayor profundidad las causas y las consecuencias de la extracción de materias primas, de los procesos de producción y fabricación, del envío de bienes, de las



exportaciones e importaciones, del consumo, y de la disposición final de los productos.

En el caso particular de las empresas del sector comercial, se evidencia que son las que mejor han logrado responder y aprovechar el manejo de tecnologías digitales. Sin embargo, siendo su objetivo estratégico el mantenerse competitivas y permanecer en el mercado, deberán encaminar todos sus esfuerzos con miras de direccionarse de manera decidida hacia la adopción de soluciones propias de la Industria 4.0 (20). Según las cifras proporcionadas por el Servicio de Rentas Internas (SRI), el sector industrial ecuatoriano ha experimentado una caída dramática del 27.3% en sus ventas desde el inicio de la pandemia del COVID-19, dado que la población ha tendido a distanciarse de las industrias y sus productos (21). En este contexto de crisis, la modalidad del teletrabajo ha demandado una mayor utilización de herramientas tecnológicas, las cuales deben ajustarse y adaptarse a las necesidades específicas de cada empresa y al entorno cambiante del mercado, generando así respuestas más eficaces e inmediatas (20).

Desde una perspectiva social y de equidad, la irrupción de la automatización y la Industria 4.0 conllevan el riesgo latente de generar mayores desigualdades, asimetrías y brechas socioeconómicas si no se implementan políticas públicas y estrategias adecuadas en materia de capacitación, reconversión laboral y protección social (22). Existe el peligro de que los beneficios derivados de estos cambios tecnológicos disruptivos se concentren únicamente en los sectores y grupos poblacionales de mayores ingresos y recursos, marginando aún más a los estratos más vulnerables y desfavorecidos de la sociedad ecuatoriana. Por lo tanto, es fundamental diseñar e implementar estrategias integrales y holísticas que permitan una transición justa, equitativa e inclusiva hacia la Industria 4.0, de modo que todos los grupos sociales puedan verse favorecidos y partícipes de estos avances transformadores (23).

El momento decisivo y crítico para que todos los sectores empresariales del país impulsen decididamente el desarrollo de sus actividades basados en el conocimiento y la tecnología ha llegado. La implementación generalizada de la digitalización en todos los ámbitos, con base en los principios y soluciones de la Industria 4.0, permitirá la consecución de esta nueva y necesaria industrialización de vanguardia (23).

DISCUSIÓN

Según los hallazgos de (24), Ecuador ha dado pasos incipientes y preliminares en la implementación de soluciones de automatización, evidenciado por la adopción de chatbots bancarios como Sophi y Ada, los cuales se consideran innovadoras y novedosas formas de asistencia digital inteligente en el país. De acuerdo con el estudio de (25), estos asistentes virtuales han sido implementados en las provincias con mayor actividad comercial, lo que revela un creciente proceso de digitalización e innovación tecnológica en el tejido empresarial ecuatoriano, tal como lo señalan (24).

Los autores (26,27) también destacan que el comercio electrónico es otro nuevo desafío clave creado por la Industria 4.0, que cambia significativamente los métodos de trabajo existentes y crea nuevas oportunidades y métodos de empleo. En este sentido, tareas como el trabajo de producción en el sector minorista o el trabajo administrativo de los asistentes están siendo paulatinamente sustituidos y transformados por soluciones de



automatización (28).

También enfatiza que la automatización tiene el enorme potencial de tener un impacto disruptivo y de largo alcance en la sociedad y la economía ecuatoriana, generando beneficios reales a través de una mayor productividad y una mejor comodidad y satisfacción del consumidor. La automatización se centra en medir su impacto en indicadores macroeconómicos clave como el producto interno bruto (PIB), que considera como un factor crucial y determinante la capacidad de una sociedad para absorber y asimilar nuevas tecnologías en diversas áreas de producción, como la producción de bienes básicos en las zonas rurales del país (29). Se ha estimado que incluso las provincias más industrializadas, como Quito, Guayaquil y Cuenca, podrían lograr un crecimiento económico positivo y significativo al automatizar sus procesos de producción a gran escala (30).

En el sector alimentario, es importante realizar estudios más completos y detallados de los factores que influyen en las propiedades químicas, físicas y organolépticas. y microbiología de alimentos (30). Utilizando métodos estadísticos avanzados como el análisis multivariado y el aprendizaje automático. Como lo demuestra el apoyo (30), esto puede facilitar y mejorar significativamente la implementación de soluciones de la Industria 4.0 en sectores económicos estratégicos.

Sin embargo, varios autores coinciden en que Ecuador enfrenta importantes problemas estructurales y barreras para la implementación efectiva y generalizada de la Industria 4.0 (30). De acuerdo al concepto de Industria 4.0, se necesitan grandes cambios en los modelos de empleo y organización del trabajo, por lo que Ecuador debe regular y definir nuevos escenarios laborales. Esto contribuye a la creación de empleos adecuados Unidad, justicia, protección y garantía de los derechos de los trabajadores

De igual forma (31) señalaron que la falta de políticas públicas orientadas a promover y apoyar seriamente la implementación de la Industria 4.0 en el Ecuador representa un obstáculo significativo y limitante. Crearon una hoja de ruta que incluía una evaluación cualitativa del nivel de preparación y preparación de la industria. También (28) coincidieron en que la implementación de la Industria 4.0 es una prioridad estratégica para los países en desarrollo. Pero es necesario desarrollar un plan y ponerlo en práctica. Estrategias adaptativas y marco regulatorio correspondiente

Por otra parte, (32) señala que la falta de capacitación y educación es un problema grave y crítico para el país. Porque tanto los gerentes de planta, como los gerentes de operaciones y los operadores carecen de los conocimientos y habilidades necesarios para utilizar eficazmente las herramientas y tecnologías de la Industria 4.0. Las limitaciones del capital humano han sido demostradas en estudios, que indican que la ampliación de estas soluciones tecnológicas es difícil y limitada debido a problemas de transporte y contactos con informantes clave (33).

CONCLUSIONES

La revisión sistemática de la literatura muestra que, si bien Ecuador ha dado pasos iniciales en la implementación de la Industria 4.0, el país enfrenta importantes desafíos y brechas que deben ser abordados de manera integral y prioritaria.



Por un lado, los sectores industriales, manufactureros, alimentarios y educativos presentan grandes oportunidades y posibilidades de crecimiento y mejora de la productividad económica gracias a la adopción de soluciones características de la Industria 4.0. Sin embargo, a nivel social, existe una considerable preocupación por el potencial impacto negativo en términos de desempleo que estas transformaciones disruptivas podrían generar.

Una de las principales dificultades en la implementación radica en la falta de una dirección y estrategias claras y enfocadas a la integración completa de la Industria 4.0 en las organizaciones. Esto se debe a que la Industria 4.0 no puede aplicarse de manera aislada a un área o departamento específico, sino que requiere de una visión holística que permita la adecuada articulación entre los sistemas y procesos tradicionales y los nuevos sistemas propios de la cuarta revolución industrial.

Por lo tanto, se hace necesario realizar estudios preliminares exhaustivos en las empresas para identificar las brechas y necesidades específicas de cada departamento, a fin de diseñar e implementar estrategias y planes de acción adaptados a la realidad de cada organización. Adicionalmente, el gobierno debe reformar y fortalecer sus políticas públicas para el sector empresarial, tanto público como privado, con el objetivo de garantizar un entorno propicio y estable para el desarrollo de la Industria 4.0 en el país.

A pesar de que Ecuador aún tiene un largo camino por recorrer en esta transición hacia la cuarta revolución industrial, es un compromiso y responsabilidad compartida de todos los actores sociales, económicos y políticos contribuir de manera decidida y articulada al desarrollo y la competitividad del país en el mercado mundial. Solo a través de este esfuerzo conjunto y de una visión estratégica integral, Ecuador podrá aprovechar plenamente los beneficios transformadores de la Industria 4.0.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

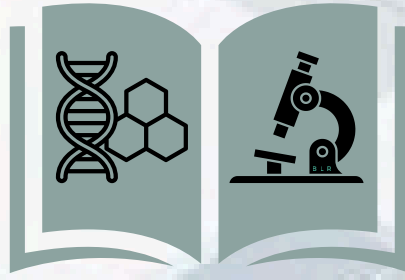
1. Abdelfettah BH, Mohamed L, Abdelbaki D. Synergy between fractional order control and industry 4.0: a bibliometric analysis. *Procedia Comput Sci.* 2022 Jan 1;204:803–10.
2. Aguilar-Rodríguez IE, Bernal-Torres CA, Artieda-Cajilema CH, Tapia-Andino GF. Smart working and base technologies in corporate performance: New directions in emerging firms. *Asia Pacific Management Review.* 2023 Sep 1;28(3):358–69.
3. México M, Wilfrido Alvarez Vásquez O, Roberto F, Morocho A. Análisis de la Industria 4.0 como factor diferenciador del Sector Industrial del Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria* [Internet]. 2021 Jun 28 [cited 2025 Feb 24];5(3):3314–24. Available from: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/533/675>
4. Arvanitoyannis IS, Katsota MN, Psarra EP, Soufleros EH, Kallithraka S. Application of quality control methods for assessing wine authenticity: Use of multivariate analysis (chemometrics). *Trends Food Sci Technol.* 1999 Oct 1;10(10):321–36.
5. Barzallo Núñez D, Montero DB. Análisis de la Innovación Tecnológica Avícola Ecuatoriano en el Contexto De Industria 4.0. *Investigación Tecnológica IST Central Técnico* [Internet]. 2019 Nov 29 [cited 2025 Feb 24];1(2):9–9. Available from: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/article/view/23
6. (PDF) Impacto de la industria 4.0 en los procesos de desarrollo de la industria manufacturera en la Zona 9 del Ecuador [Internet]. [cited 2025 Feb 24]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/365211093_Impact_of_industry_40_on_the_development_processes_of_the_manufacturing_industry_in_Zone_9_of_Ecuador
7. Buestán G, Buestán G, Cañizares K, Camacho C, Suárez-Núñez C. Distribution trends in Industry



- 4.0: Case Study of a major soft drink multinational enterprise in Latin America. *Logistics Journal* : nicht referierte Veröffentlichungen [Internet]. 2020 Sep 29 [cited 2025 Feb 24];2020(09). Available from: <http://www.logistics-journal.de/not-reviewed/2020/5110>
8. Naranjo ÁIB, Játiva DSV, Chávez DON. APLICACIONES DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LA ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LAS MERMELADAS. *Ingeniería Investigación y Desarrollo* [Internet]. 2021 Oct 18 [cited 2025 Feb 24];21(1):39–46. Available from: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/13513
 9. Inteligencia artificial: retos para el marco regulatorio laboral ecuatoriano [Internet]. [cited 2025 Feb 24]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/368282114_Artificial_intelligence_Challenges_for_the_ecuadorian_labor_regulatory_framework
 10. Contieri PGS, Anholon R, De Santa-Eulalia LA. Industry 4.0 enabling technologies in manufacturing: implementation priorities and difficulties in an emerging country. *Technol Anal Strateg Manag* [Internet]. 2022 May 4 [cited 2025 Feb 24];34(5):489–503. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09537325.2021.1908536>
 11. Cordero D, Altamirano KL, Parra JO, Espinoza WS. Intention to Adopt Industry 4.0 by Organizations in Colombia, Ecuador, Mexico, Panama, and Peru. *IEEE Access*. 2023;11:8362–86.
 12. Cordero D, Altamirano KL, Parra JO, Espinoza WS. Intention to Adopt Industry 4.0 by Organizations in Colombia, Ecuador, Mexico, Panama, and Peru. *IEEE Access*. 2023;11:8362–86.
 13. Escobar CA, Macias-Arregoyta D, Morales-Menendez R. The decay of Six Sigma and the rise of Quality 4.0 in manufacturing innovation. *Qual Eng* [Internet]. 2024 [cited 2025 Feb 24];36(2):316–35. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08982112.2023.2206679>
 14. Foladori G, Ortiz-Espinoza A. Íconos Revista de Ciencias Sociales. *Íconos - Revista de Ciencias Sociales* [Internet]. 1997 May 1 [cited 2025 Feb 24];26(73):161–77. Available from: <https://iconos.flacsoandes.edu.ec/index.php/iconos/article/view/5198/4064>
 15. Jiménez-Carvelo AM, González-Casado A, Bagur-González MG, Cuadros-Rodríguez L. Alternative data mining/machine learning methods for the analytical evaluation of food quality and authenticity – A review. *Food Research International*. 2019 Aug 1;122:25–39.
 16. Kuo CC, Shyu JZ, Ding K. Industrial revitalization via industry 4.0 – A comparative policy analysis among China, Germany and the USA. *Glob Transit*. 2019 Jan 1;1:3–14.
 17. Madsen DØ. The Emergence and Rise of Industry 4.0 Viewed through the Lens of Management Fashion Theory. *Administrative Sciences* 2019, Vol 9, Page 71 [Internet]. 2019 Sep 19 [cited 2025 Feb 24];9(3):71. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-3387/9/3/71/htm>
 18. Marcel M, Méndez-Mantuano O, Carolina ME, Caviendes E, Hillary L, Torres Ruiz M, et al. Análisis de Empleabilidad e Industria 4.0 en el Ecuador, como Estrategia para Mejorar los Programas Educativos. *European Scientific Journal, ESJ* [Internet]. 2019 Dec 31 [cited 2025 Feb 24];15(34):44–44. Available from: <https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/12552>
 19. (PDF) Sistema de Teleoperación para Robots Móviles en la industria del Petróleo y Gas [Internet]. [cited 2025 Feb 24]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/341522855_Sistema_de_Teleoperacion_para_Robots_Moviles_en_la_industria_del_Petroleo_y_Gas
 20. México M, Wilfrido Alvarez Vásquez Ó, Roberto F, Morocho A. Análisis de la Industria 4.0 como factor diferenciador del Sector Industrial del Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria* [Internet]. 2021 Jun 28 [cited 2025 Feb 24];5(3):3314–24. Available from: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/533/675>
 21. Morrar R, Arman H, Mousa S. The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): A Social Innovation Perspective. *Technology Innovation Management Review* [Internet]. 2017 Nov 27 [cited 2025 Feb 24];7(11):12–20. Available from: <http://timreview.ca/article/1117>
 22. Müller JM, Buliga O, Voigt KI. The role of absorptive capacity and innovation strategy in the design of industry 4.0 business Models - A comparison between SMEs and large enterprises. *European Management Journal*. 2021 Jun 1;39(3):333–43.
 23. Narkhede BE, Raut R, Zhang LL, Kumar S. Ranking critical success factors for implementation of lean-industry 4.0: a methodology based on DEMATEL and ANP. *Int J Comput Integr Manuf*



- [Internet]. 2023 Jun 3 [cited 2025 Feb 24];36(6):894–907. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0951192X.2022.2162589>
24. Olsen TL, Tomlin B. Industry 4.0: Opportunities and Challenges for Operations Management. <https://doi.org/10.1287/msom.2019.0796> [Internet]. 2019 Sep 10 [cited 2025 Feb 24];22(1):113–22. Available from: <https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/msom.2019.0796>
 25. Raj A, Dwivedi G, Sharma A, Lopes de Sousa Jabbour AB, Rajak S. Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective. *Int J Prod Econ*. 2020 Jun 1;224:107546.
 26. Ruano Enríquez LE, Lizbeth J, Portilla M, Carlos R, Pozo L, Elizabeth L, et al. Inteligencia artificial e innovación: campos de aplicación para la industria del Ecuador. *Visión Empresarial* [Internet]. 2019 Dec 27 [cited 2025 Feb 24];(9):163–72. Available from: <https://revistasdigitales.upec.edu.ec/index.php/visionempresarial/article/view/878>
 27. Salazar D, ... HEG y, 2023 undefined. Crecimiento económico y la gestión ambiental en las industrias de manufactura del Ecuador. *Estrategias hacia un modelo de Economía Circular*. portalrevistas.aulavirtualusmp.pe [Internet]. [cited 2025 Feb 24]; Available from: <https://portalrevistas.aulavirtualusmp.pe/index.php/RevistaGobiernoyG/article/view/2720>
 28. Santamaria HMQ, Orellana JVA, Paredes JFO, Santamaria LGQ, Santamaria HMQ, Orellana JVA, et al. Endogenous Development: A Commercial Conceptual Perspective of the Management Model in Tungurahua-Ecuador in Industry 4.0. *Open Journal of Business and Management* [Internet]. 2020 Aug 5 [cited 2025 Feb 24];8(5):2262–77. Available from: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=102943>
 29. Tortorella G, Prashar A, Vassolo R, Cawley Vergara A Mac, Godinho Filho M, Samson D. Boosting the impact of knowledge management on innovation performance through industry 4.0 adoption. *Knowledge Management Research & Practice* [Internet]. 2024 Jan 2 [cited 2025 Feb 24];22(1):32–48. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14778238.2022.2108737>
 30. Alejandra M, Pumagualle V. Manufactura ecuatoriana hacia la industria 4.0: estudio de caracterización del estado de madurez digital de las empresas de manufactura ecuatorianas. 2019 [cited 2025 Feb 24]; Available from: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/10320>
 31. Vu OTK, Duarte Alonso A, Buitrago Solis MA, Goyzueta Rivera SI, Nguyen TQ, McClelland R, et al. “The beginning was traumatising” – Industry 4.0: a lifesaver or disruptor? A knowledge-based viewpoint. *Knowledge Management Research & Practice* [Internet]. 2024 Jan 2 [cited 2025 Feb 24];22(1):1–16. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14778238.2023.2178980>
 32. Wan V, Jiming Y. Torts and intellectual property in Industry 4.0: a comparative study of Chinese and American jurisprudence. *Peking University Law Journal* [Internet]. 2021 Jan 2 [cited 2025 Feb 24];9(1):111–42. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/20517483.2021.1978679>
 33. Zhang C, Chen Y, Chen H, Chong D. Industry 4.0 and its Implementation: a Review. *Information Systems Frontiers* [Internet]. 2021 Jun 7 [cited 2025 Feb 24];26(5):1773–83. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10796-021-10153-5>



VITALYSCIENCE

REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA

VitalyScience Revista Científica
Multidisciplinaria
Código Postal 060102

☎ Contacto +593 983 204 362

✉ publicaciones@vitalyscience.com Tipo de
publicación: periódica Frecuencia de
publicación: bianual

Marzo - agosto | septiembre - febrero

Soporte: en línea

Temas: Multidisciplinarios

Subtemas: Multidisciplinarios Editorial:
VitalyScience

Revista: Arbitrada

Institución: Privada

Volumen 3 N°5

15 de marzo de 2025