



Genotipos silvestres de *Carica papaya* L. como recurso estratégico para la diversificación de productos y la competitividad agroindustrial: un enfoque genético, bioactivo y agronómico

Muentes Rodríguez, Ronald B.; Pico Mendoza, José N. y Rodríguez Ríos, Elvira B.

Universidad Técnica de Manabí, Jardín Universitario, Facultad de Ingeniería Agrociencias, Facultad de Economía, Portoviejo, Ecuador.

<https://orcid.org/0000-0002-2212-2274> ronald.muentes@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-1023-3540> elvira.rodriguez@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-3276-1678> jose.pico@utm.edu.ec

ASA/Artículo Revisión

doi: <http://doi.org/10.5281/zenodo.20474642>

Recibido: 30-11-2025

Aceptado: 29-04-2026

RESUMEN

Los genotipos silvestres de *C. papaya* L. tiene con gran potencial para diversificar productos y mejorar la competitividad en la agroindustria. Esta investigación se centra en la diversidad genética, los compuestos bioactivos y las prácticas agrícolas de estos genotipos y como pueden beneficiar el crecimiento de la industria alimentaria. Se realizó una revisión de 14 artículos científicos relevantes, organizados mediante un análisis cualitativo. Los resultados demuestran que las poblaciones silvestres tienen una mayor diversidad genética que los cultivos comerciales, lo que lo hace clave para los programas de mejora genética enfocados en aumentar el rendimiento, la calidad de la fruta y la resistencia a diversas condiciones. Además, se encontró una alta concentración de compuestos bioactivos, como carotenoides, flavonoides, vitaminas y enzimas en diferentes partes de la planta, lo que abre oportunidades en las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética. La investigación también destaca el uso de herramientas biotecnológicas avanzadas, como la selección genómica y la edición genética, para aprovechar estos recursos y apoyar prácticas agrícolas sostenibles. La valorización de subproductos agroindustriales se ve como una parte importante de las estrategias de economía circular. En conclusión, integrar los genotipos silvestres en las cadenas productivas y programas de innovación puede promover un desarrollo sostenible y mejorar la competitividad en la industria de la papaya.

Palabras clave: Carica papaya, genotipos silvestres, diversidad genética, agroindustria y compuestos bioactivos.



Wild genotypes of *Carica papaya* as a strategic resource for product diversification and agro-industrial competitiveness: a genetic, bioactive and agronomic approach

ABSTRACT

Wild genotypes of *Carica papaya* have great potential to diversify products and enhance competitiveness in the agroindustry. This research focuses on the genetic diversity, bioactive compounds, and agricultural practices of these genotypes and how they can contribute to the growth of the food industry. A review of 14 relevant scientific articles was conducted and organized through a qualitative analysis. The results show that wild populations exhibit greater genetic diversity than commercial cultivars, making them a key resource for breeding programs aimed at increasing yield, fruit quality, and resistance to diverse conditions. In addition, a high concentration of bioactive compounds—such as carotenoids, flavonoids, vitamins, and enzymes—was identified in different parts of the plant, creating opportunities for the food, pharmaceutical, and cosmetic industries. The study also highlights the use of advanced biotechnological tools, such as genomic selection and genetic editing, to exploit these resources and support more sustainable agricultural practices. The valorization of agro-industrial by-products is considered an important component of circular economy strategies. In conclusion, integrating wild genotypes into productive chains and innovation programs can promote more sustainable development and improve competitiveness in the papaya industry.

Keywords: *Carica papaya*, wild genotypes, genetic diversity, agro-industry and bioactive compounds.

INTRODUCCIÓN

La *Carica papaya* L, pertenece a la familia Caricaceae, es originaria de la región tropical de América (Rodríguez Cabello et al. 2015). Es una suculenta herbácea con un tronco leñoso y hueco en su interior y puede alcanzar hasta 20 metros de altura. Se encuentra entre los frutales más solicitados globalmente gracias a su sabor y diversas características medicinales (Flores-Hernández et al. 2024).

Dentro del género existen genotipos silvestres que se desarrollan de manera natural, especialmente en cuencas fluviales y en zonas de difícil acceso; estos ofrecen alimento a las comunidades que las conservan, y podrían convertirse en una significativa fuente de ingresos, ya que contienen genes valiosos que mejoran el rendimiento y la calidad nutritiva de sus frutos (Rodríguez Cabello et al. 2014).

La *C. papaya* cuenta con un gran aporte nutricional (vitaminas A y C), su uso en la industria (enzima papaína), así como sus aplicaciones en la cocina y la medicina (Suárez-Quiroz et al. 2013). Sin embargo, a

pesar de su importancia económica y funcional, los genotipos silvestres de *C. papaya* han recibido poca atención en estudios integrales que aborden su diversidad genética, el análisis de compuestos bioactivos y las técnicas agronómicas relacionadas con su uso agrícola. Esta falta de información limita las posibilidades de diversificación agroindustrial de la papaya y, como resultado, disminuye su competitividad en los mercados tanto nacionales como internacionales.

La falta de un análisis integrado de estos elementos complica la comprensión de la manera en que los genotipos silvestres pueden ayudar a la sostenibilidad, la innovación tecnológica y la creación de valor añadido en la cadena de suministro de la papaya. En este sentido, se plantea en ésta investigación: ¿de qué manera la diversidad genética, el perfil de compuestos bioactivos y las metodologías agronómicas relacionadas con los genotipos silvestres de *C. papaya* favorecen la diversificación de productos y el aumento de la competitividad agroindustrial, según la evidencia científica actual. Basado en el análisis de la literatura existente, se sugiere como suposición que

los genotipos nativos de *Carica papaya*, por su alta variabilidad genética, la abundancia de compuestos bioactivos y su efectiva combinación con métodos agrícolas contemporáneos y sostenibles, juegan un papel importante en la diversificación de productos y en el fortalecimiento de la competitividad en la industria agroindustrial de la papaya.

En relación a lo mencionado, esta investigación tiene como finalidad estudiar, a partir de un enfoque documental, el potencial de los genotipos silvestres de *C. papaya* para ampliar la gama de productos agroindustriales, teniendo en cuenta su diversidad genética, los compuestos bioactivos presentes y las técnicas agronómicas asociadas. Esto se realiza con el objetivo de analizar su influencia en la competitividad de la industria agroalimentaria.

La importancia de esta investigación se basa en que los genotipos silvestres pueden servir de fundamento para crear nuevas variedades que ofrezcan un mejor rendimiento y resistencia, promoviendo sistemas de producción más eficientes y sostenibles. También, la existencia de compuestos bioactivos que tienen efectos positivos en la salud humana presenta oportunidades para la

creación de alimentos funcionales, suplementos dietéticos y productos de belleza. Desde un enfoque económico, la variedad de productos que puede originarse de la papaya tiene el potencial de generar ingresos adicionales y mejorar la competitividad del sector agrícola, fomentando un desarrollo económico sostenible en las áreas productoras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un análisis bibliográfico amplio para seleccionar los artículos, sin limitarse por la antigüedad de las fuentes. Esto se hizo considerando la relevancia de la información sobre los genotipos silvestres de papaya desde los años 70, que está relacionada con la diversificación de productos y la competitividad agroindustrial de los genotipos de *C. papaya*. Lo que facilita la identificación de investigaciones anteriores y permite la recolección de conceptos y discusiones de otros autores que conllevan a la creación de una nueva investigación; acotar el tema de estudio; consolidar contribuciones teóricas que forman una base conceptual; conectar diferentes estudios; formular métodos a nivel de investigación; explorar preguntas y metas de investigación; llevar a cabo comparaciones entre estudios para extraer las perspectivas de los investigadores; establecer experiencias

mediante la categorización; resaltar las discrepancias de los elementos más tratados con patrones de observación y definir contextos que no han sido investigados.

Desde el enfoque anteriormente mencionado, se llevó a cabo una investigación de publicaciones científicas, utilizando los siguientes términos clave: *Carica papaya*, genotipos silvestres, diversidad genética, compuestos bioactivos, agroindustrial. Las mismas se añadieron a portales de investigación de datos científicos de alta credibilidad. Igualmente, se integraron recursos estadísticos que ofrecen datos cuantitativos sobre el tema.

Análisis de la información

Se llevó a cabo un análisis y síntesis de cada publicación, con este enfoque facilitó la identificación de las ideas clave relacionadas con el tema investigado. Como resultado, se estructuró el trabajo que reunió la información necesaria para atender el objetivo planteado y se creó un documento preparado para servir como una herramienta académica destinada a futuras investigaciones de genotipos silvestres de *C. papaya*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se seleccionaron 14 documentos en español, inglés y portugués, provenientes de plataformas académicas como Dialnet, Redalyc, SciELO y Google Académico. La diversidad lingüística y la procedencia de las fuentes reflejan el creciente interés científico en los genotipos silvestres de *Carica papaya* y su relevancia para la investigación genética, agronómica y agroindustrial. La cantidad de documentos identificados, aun cuando no es extensa, evidencia que el tema ha sido abordado de manera constante desde diferentes enfoques y periodos históricos.

Tras la revisión detallada de cada publicación, se aplicó un proceso de codificación inductiva, mediante el cual se organizaron las ideas recurrentes y se identificaron los temas subyacentes presentes en los textos analizados. Este procedimiento permitió reconocer patrones conceptuales, contrastar perspectivas entre autores y delimitar áreas de consenso y de debate científico.

Como resultado, y considerando la relevancia, especificidad y nivel de detalle de los contenidos, se establecieron nueve categorías temáticas que sintetizan los principales aportes de la literatura revisada (Cuadro 1).

Cuadro 1. Categorías temáticas identificadas en la literatura sobre genotipos silvestres de *Carica papaya*

<i>Categoría temática</i>	<i>Descripción</i>
Diversidad genética	Incluye estudios sobre variabilidad molecular, uso de marcadores genéticos y conservación de germoplasma.
Impacto en el rendimiento agrícola	Analiza cómo los genotipos silvestres influyen en productividad, resistencia a plagas y adaptabilidad a condiciones ambientales.
Compuestos bioactivos	Reúne investigaciones sobre metabolitos secundarios, enzimas proteolíticas y propiedades funcionales presentes en la planta.
Beneficios para la salud	Explora efectos antioxidantes, antiinflamatorios, nutraceuticos y potencial terapéutico.
Aplicación en la agroindustria	Considera usos en alimentos, cosméticos, farmacéutica y bioprocesos.
Prácticas agronómicas	Incluye manejo del cultivo, propagación, control de plagas y técnicas de producción.
Innovaciones agronómicas	Abarca biotecnología, mejoramiento genético y nuevas técnicas de cultivo.
Impacto en la sostenibilidad	Relaciona los genotipos silvestres con resiliencia ambiental, conservación y sostenibilidad productiva.
Impacto agroindustrial	Examina su potencial para diversificar productos, fortalecer cadenas de valor y ampliar oportunidades económicas.

Fuente: Elaboración Propia.

Diversidad Genética de los Genotipos Silvestres de *Carica papaya*

La variabilidad genética de *Carica papaya* ofrece un gran potencial para la mejora genética y la diversificación de los productos que provienen abarcando 57 especies de este género (Torres R, 1976).

Los países con climas tropicales y subtropicales, mantiene una notable variedad de parientes silvestres de plantas cultivadas. Estos recursos se encuentran en hábitats que sufren poco impacto y en tierras agrícolas donde son vistos como hierbas indeseadas y fuentes de plagas y enfermedades, por ello las acciones humanas ponen en riesgo su existencia, lo que afecta la estabilidad de los ecosistemas (Delgado et al. 2016).

Farfán et al. (2017) analizaron la variabilidad genética de *C. papaya* utilizando microsatélites y ADN de cloroplasto, con un total de 92 muestras de plantas silvestres y 46 cultivadas. Las poblaciones silvestres exhibieron una considerable diversidad genética ($H_o = 0.643$), mientras que las cultivadas mostraron una diversidad limitada ($H_o = 0.017$) (Figura 1).

Se reconocieron cuatro grupos genéticos y se observó un intercambio de genes entre las

poblaciones silvestres y los cultivados. Asimismo, algunas de las poblaciones recién identificadas mostraron una mayor diferenciación genética e indicios de crecimiento poblacional. Estos resultados subrayan la importancia de las poblaciones silvestres para la mejora genética y la diversificación de productos.

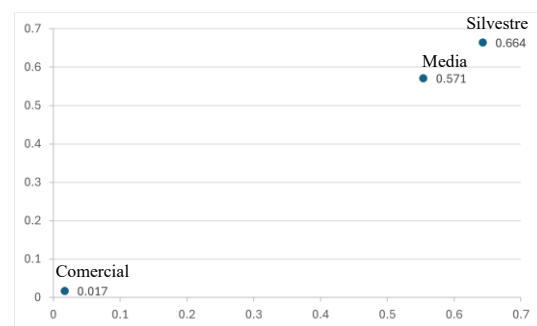


Figura 1. Diversidad genética: plantas silvestres Vs cultivadas y medias. Fuente: Farfán et al. (2017)

Mariela et al. (2016) realizaron un estudio donde encontraron 113 fragmentos polimórficos en *C. papaya*, registrando un 54.48% de polimorfismo mediante AFLP. Las combinaciones más efectivas de marcadores incluyeron E-ACA/M-CTA, E-ACC/M-CTA y E-ACT/M-CGA, mostrando un considerable porcentaje de polimorfismo. La evaluación genética de 45 genotipos reveló un grado de semejanza de 0.639, organizándose en tres grupos genéticos. Estos hallazgos recalcan la relevancia de seleccionar progenitores genéticamente distantes para promover la

Genotipos silvestres de *Carica papaya* como recurso estratégico para la diversificación de productos y la competitividad agroindustrial: un enfoque genético, bioactivo y agronómico

Muentes Rodríguez, Ronald B.; Pico Mendoza, José N. y Rodríguez Ríos, Elvira B.

diversidad y potenciar características comerciales. Adicionalmente, las poblaciones silvestres presentan una mayor diversidad genética en comparación con los cultivos comerciales, lo que beneficia el progreso del mejoramiento genético.

Impacto en el rendimiento agrícola.

La producción de *C. papaya* está influenciada por elementos del entorno, adecuada gestión de nutrientes y técnicas agrícolas, la combinación de riego por goteo con fertirrigación, y la incorporación de metodologías como el injerto han mostrado un notable aumento en la producción y el calibre del fruto, mientras que una estrategia integrada para el control de plagas y enfermedades resulta crucial para reducir pérdidas (Álvarez-Hernández et al., 2024; Jyotika et al., 2024; Villanueva-Jiménez et al., 2019; Vos & Arancon, 2020).

La mejora de las cosechas se basa en reconocer e integrar de manera efectiva la variedad genética que se origina de diferentes fuentes, que abarcan las variedades autóctonas, las especies silvestres y las nativas relacionadas con el cultivo en cuestión (Flores et al. 2024). Conocer la diversidad genética de la papaya es esencial para investigar la composición genética de las poblaciones autóctonas, con el

fin de sugerir métodos de conservación y uso (Allendorf et al. 2012).

En México, se ha utilizado la diversidad genética local para crear nuevas especies de papaya que sean altamente productivas y de menor altura (Vázquez Calderón et al. 2014).

Compuestos Bioactivos en *Carica papaya*

Vargas et al. (2019) afirmaron que la cáscara de la papaya tiene alto contenido de proteínas y una notable actividad antioxidante, mostrando un alto porcentaje en la inhibición de radicales. Adicionalmente, exhibió cantidades significativas de β -carotenos y flavonoides, subrayando su potencial como una fuente de compuestos bioactivos. Estos hallazgos indican que las cáscaras de papaya podrían ser utilizadas en métodos simples para extraer moléculas valiosas, brindando posibilidades para su aplicación en las industrias de alimentos y medicamentos, mientras que también ayuda en la gestión sostenible de desechos agroindustriales.

Ramírez et al. (2016) afirmaron que en un estudio que realizaron, las semillas de la fruta de papaya son una fuente clave de compuestos fenólicos, y la cascara constituye un recurso biológico abundante de compuestos antioxidantes. Estos elementos pueden ser

considerados como subproductos con potencial en el ámbito agroindustrial. Las hojas de *C. papaya* poseen diversos flavonoides, incluyendo manghaslin, clitorina, rutina, nicotiflorina, quercetina e isorhamnetina; los niveles de flavonoides son más altos en las hojas y en los brotes, hay variaciones entre las plantas machos y hembras (Misnan et al. 2024).

La papaya posee diferentes carotenoides, cuyas cantidades y tipo cambian de acuerdo a la variedad y el tejido; las papayas con pulpa roja, se acumula principalmente licopeno (hasta 1570 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), que se encuentra en cromoplastos cristalinos y en las variedades con pulpa amarilla. Son ricas en β -caroteno (152–331 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) y β -criptoxantina (243–740 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), con luteína y sus ésteres que se encuentran en gran cantidad en la cáscara (Lara-Abia et al. 2021; Laurora et al. 2021).

Beneficios para la salud

La planta de *C. papaya* es empleadas para combatir diferentes enfermedades, incluyendo propiedades antihelmínticas, anticonceptivas, anti-implantación, abortivas, laxantes, antihipertensivas, antibacterianas, antioxidantes, antiinflamatorias, para la curación de úlceras, diuréticas y estimulantes de la producción de plaquetas. Debido a estas

propiedades, *C. papaya* ha encontrado numerosas aplicaciones, convirtiéndose en un recurso valioso. El interés actual en la planta se enfoca en su capacidad para elevar el número de plaquetas en situaciones de trombocitopatía relacionada con dengue y otros tipos de trombocitopatías (Senthilkumaran y Shalini, 2014).

Las hojas de la planta *Carica papaya* poseen cualidades antiinflamatorias, curativas y antioxidantes, y son empleadas en el manejo de distintas enfermedades. En investigaciones experimentales, se ha comprobado su capacidad para reducir el azúcar en sangre y los niveles de grasa, lo que indica su posible uso en el manejo de la diabetes; no obstante, se requieren más investigaciones clínicas para validar su seguridad y efectividad (Esther y Rojop, 2023).

Aplicaciones en la agroindustria

La papaya alberga sustancias bioactivas esenciales, sus formas de actuación, los avances tecnológicos en la obtención y uso, así como los retos y posibilidades en la venta de productos únicos. Su importancia se ve fortalecida por la unión de la salud, la sustentabilidad y las tendencias comerciales que fomentan la creatividad en las aplicaciones agroindustriales de los compuestos

provenientes de la papaya (Jyotika et al. 2024; Villanueva-Jiménez et al. 2019).

La papaya contiene numerosos compuestos bioactivos que se encuentran en su pulpa, semillas y cascara, tales como Vitaminas: A, C, E, estos ofrecen propiedades antioxidantes y protegen la piel, los Flavonoides y ácidos fenólicos presentan funciones antiinflamatorias, antienvjecimiento y protectoras para las células. Los carotenoides: β -caroteno, β -criptoxantina, licopeno actúan como antioxidantes, benefician la piel y ayudan en la regulación del sistema inmunológico. La carpaína posee características antimicrobianas y antiinflamatorias. La papaína, ayudan en la digestión, además posee propiedades reparadoras y protegen tejidos. La fruta es abundante en carotenoides, vitaminas y enzimas; las semillas contienen glucosinolatos, ácidos grasos, proteínas y fibra dietética; la cáscara es rica en compuestos fenólicos, carotenoides y fibra dietética (Álvarez-Hernández et al., 2024; Jyotika et al. 2024; kumarasinghe et al. 2024; Oliver-Simancas et al., 2024; Villanueva-Jiménez et al. 2019; Vos y Arancon, 2020).

Estos elementos trabajan en conjunto para ofrecer las propiedades antioxidantes,

antiinflamatorias, antienvjecimiento y anticancerígenas de la papaya, lo que justifica su aplicación en productos cosméticos, suplementos nutricionales y alimentos funcionales.

Prácticas Agronómicas en la Producción de *Carica papaya*

La altitud ideal para cultivar *C. papaya* se sitúa entre 0 y 600 metros sobre el nivel del mar (Alarcón Pulido et al. 2022). Las temperaturas óptimas para el cultivo se encuentran alrededor de 25°C (Rodríguez & Saúco, 2004).

La producción del cultivo de *C. papaya* se enfrenta a desafíos como infecciones virales, insectos, falta de agua y el requerimiento de conservar la calidad después de la cosecha para mercados tanto locales como internacionales. Es fundamental combinar técnicas agrícolas modernas, un manejo fitosanitario ecológico y nuevas tecnologías para mejorar la calidad y la producción del fruto en diferentes situaciones climáticas (Kumarasinghe et al. 2024; Oliver-Simancas et al. 2024).

La realización de la poda es fundamental para mejorar la captación de luz, el proceso fotosintético, además de hacer más sencilla la recolección y disminuir el riesgo de

enfermedades (kumarasinghe et al. 2024; Oliver-Simancas et al. 2024). El manejo integrado de plagas tiene como objetivo proteger las plantas, mejorando la densidad del cultivo, la erradicación de plantas con síntomas, promover el cultivo intercalado y la conservación de depredadores naturales resultando eficaz frente al virus de la mancha anular y plagas tales como la cochinilla y los ácaros (kumarasinghe et al. 2024; Oliver-Simancas et al. 2024).

Innovaciones agronómicas

Las innovaciones recientes en la agricultura relacionada con el cultivo de *C. papaya* incluyen la incorporación de herramientas genómicas avanzadas, tales como la selección a través de análisis genéticos y la modificación genética mediante CRISPR-Cas9. También se están empleando métodos de riego y fertirrigación de precisión, así como mejoras en la propagación vegetativa con técnicas de micropropagación e injerto; estas innovaciones no solo optimizan el rendimiento y la calidad de la fruta, sino que también promueven la sostenibilidad del medio ambiente y aceleran la mejora genética (Copeland et al. 2025; Hasley et al. 2025; Kumari et al. 2024).

Se ha implementado protoplastos de *C. papaya* para modificar genes asociados con la resistencia de enfermedades como CpPDS y CpMLO6, sin embargo, la regeneración de plantas enteras continúa siendo un desafío técnico (Elías et al. 2023). La inmunidad impulsada por proteínas de la cápside ha demostrado ser eficaz frente al virus de la mancha anular en lugares como Hawái, aunque su persistencia cambia de acuerdo a la variabilidad del virus y las condiciones ambientales (Hamim et al. 2018).

Impacto en la sostenibilidad

Las estrategias ecológicas en el cultivo de *C. papaya* incluyen la evaluación de desperdicios, la implementación de métodos de cultivo resguardados y los avances en biotecnología, lo que ayuda a disminuir efectos adversos y a utilizar los recursos de manera eficaz (Choudhury et al. 2022; Jiao et al. 2023).

Elementos secundarios como cáscaras y semillas se convierten en componentes útiles, agentes coagulantes, productos de belleza y suplementos, ampliando las fuentes de ingresos y promoviendo la sostenibilidad económica. (Abdel-Hay et al. 2022; Batta et al. 2025a; Shaheen et al. 2023).

La diversificación de productos que provienen de *C. papaya* se basa en un modelo de economía circular, el cual enfatiza la valorización de los subproductos agrícolas y la gestión de desechos (Batta et al. 2025b; Das y Prasad, 2024). Las semillas de *C. papaya* son abundantes en proteínas y sustancias bioactivas, estas se emplean en el manejo de aguas residuales, creación de nanopartículas, productos alimenticios funcionales y en cosméticos, contribuyendo a la economía circular y minimizando desechos (Bhatt et al. 2025; Khee et al. 2023). Estas acciones reducen la contaminación en fuentes acuáticas y fomentan el uso de desechos agrícolas, aunque es necesario realizar investigaciones sobre el impacto ambiental a largo plazo (Sidi et al. 2025).

Impacto Agroindustrial en genotipos silvestres de *C. papaya*

C. papaya posee una gran relevancia en la agricultura debido a su elevado rendimiento, crecimiento rápido y su capacidad para producir frutos durante todo el año, lo que la hace esencial tanto para agricultores pequeños como para aquellos de gran escala. Históricamente, esta fruta ha sido apreciada por su dulzura, pero recientes tendencias han llevado a un interés creciente en sus semillas, hojas, cascara, raíces y látex para diversas

utilidades. La capacidad de adaptación y resistencia de este cultivo, junto con su elaborado perfil fitoquímico, lo convierten en un fuerte candidato para el desarrollo de productos novedosos en la economía biológica a nivel mundial (Ovando-Martínez y González-Aguilar, 2020; Shaheen et al. 2023b).

Rodríguez et al. (2014) mencionaron que los genotipos silvestres de *C. papaya* mostraron un rendimiento favorable y frutos con cualidades que permiten gozar de gran aceptación en el mercado de consumo en fresco, debido a su peso, forma, dimensiones, contenido de sólidos solubles totales, así como el color de su cáscara y pulpa. Adicionalmente, estas cualidades favorecen su utilización en futuros programas de mejora genético, con el objetivo de desarrollar variedades que produzcan una alta cantidad de frutos de tamaño; la diversidad en la forma y tamaño de los frutos indica la posibilidad de realizar trabajos de selección en el futuro para crear una línea con las características deseadas.

Estas categorías permiten comprender la amplitud del campo de estudio y evidencian que los genotipos silvestres de *C. papaya* representan un recurso estratégico tanto para la investigación científica como para la innovación agroindustrial. Asimismo,

muestran que existe un interés creciente por integrar enfoques genéticos, bioactivos y agronómicos para potenciar su aprovechamiento.

CONCLUSIONES

Los genotipos silvestres de *Carica papaya* representan un recurso fitogenético estratégico para fortalecer la competitividad del sector agroindustrial. Su amplia diversidad genética, superior a la observada en las variedades comerciales, constituye la base para impulsar programas de mejoramiento genético orientados a incrementar el rendimiento, mejorar la calidad del fruto y potenciar la resistencia frente a factores bióticos y abióticos. Esta variabilidad natural permite desarrollar materiales adaptados a distintos entornos agroecológicos y a las demandas emergentes del mercado.

Los estudios analizados evidencian que los genotipos silvestres presentan características agronómicas y fisicoquímicas favorables, como variación en tamaño y forma del fruto, contenido de sólidos solubles y tonalidad de la pulpa. Estas propiedades no solo incrementan su valor comercial, sino que también los posicionan como antecesores clave en los programas actuales de mejoramiento,

especialmente aquellos enfocados en calidad sensorial y resistencia a estreses ambientales.

Asimismo, *C. papaya* destaca por su rica composición de compuestos bioactivos, entre ellos carotenoides, flavonoides, compuestos fenólicos, enzimas proteolíticas y vitaminas, presentes en la pulpa, semillas, hojas y cáscara. Esta diversidad bioquímica respalda su potencial para el desarrollo de alimentos funcionales, nutracéuticos, productos farmacéuticos y cosméticos, consolidando a la papaya como un recurso de alto valor agregado dentro de múltiples cadenas agroindustriales.

Desde la perspectiva productiva, la implementación de prácticas agronómicas avanzadas como el manejo integrado de plagas, la fertirrigación de precisión, la poda especializada, el injerto y los sistemas de cultivo protegidos, resulta esencial para maximizar la calidad y el rendimiento. La combinación de estas técnicas con genotipos de base genética robusta constituye una estrategia eficaz para mejorar la eficiencia productiva y reducir pérdidas en campo.

Finalmente, la diversificación agroindustrial basada en el aprovechamiento integral de subproductos (semillas, cáscaras y residuos) promueve un enfoque de economía circular,

Genotipos silvestres de *Carica papaya* como recurso estratégico para la diversificación de productos y la competitividad agroindustrial: un enfoque genético, bioactivo y agronómico

Muentes Rodríguez, Ronald B.; Pico Mendoza, José N. y Rodríguez Ríos, Elvira B.

que contribuye simultáneamente a la sostenibilidad ambiental, la generación de valor económico y la reducción del impacto negativo asociado a los desechos agrícolas. En conjunto, los hallazgos respaldan que la conservación, caracterización y uso estratégico de los genotipos silvestres de *C. papaya* son pilares fundamentales para impulsar la innovación tecnológica y el desarrollo sostenible de la industria papayera en regiones tropicales y subtropicales.

REFERENCIAS

- Abdel-Hay, M., Farooq, A., y Kamran, F. (2022). Papaya Wastes and By-Products. En *Handbook of Fruit Wastes and By-Products* (pp. 175–192). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003164463-12>
- Alarcón Pulido, S. A., Hernández Sánchez, M. de L. L., González Cárdenas, J. C., Enríquez García, F., y Velázquez García, E. P. (2022). Producción y manejo del cultivo de papaya (*Carica papaya* L.). *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 10(1), 164–169. <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v10i1.414>
- Allendorf, F. W., Luikart, G., & Aitken, S. (2012). *Conservation and the genetics of populations*.
- Álvarez-Hernández, J. C., Castellanos-Ramos, J. Z., & Aguirre-Mancilla, C. L. (2024). Productivity of grafted papaya growing under open environment in the Mexican pacific. *Folia Horticulturae*, 36(3), 415–
424. <https://doi.org/10.2478/fhort-2024-0026>
- Batta, S., Sharma, V., Thakur, P., & Gupta, R. (2025a). Papaya Biowaste Valorization. En *Biorefining Fruit Waste* (pp. 297–324). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781394301256.ch12>
- Batta, S., Sharma, V., Thakur, P., & Gupta, R. (2025b). Papaya Biowaste Valorization. En *Biorefining Fruit Waste* (pp. 297–324). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781394301256.ch12>
- Choudhury, S., Islam, N., Mustaki, S., Uddain, J., Azad, O., Choi, K., & Naznin, M. (2022). Evaluation of the Different Low-Tech Protective Cultivation Approaches to Improve Yield and Phytochemical Accumulation of Papaya (*Carica papaya* L.) in Bangladesh. *horticultura*.
- Copeland, R. G. R., Bar, I., Prasad, S. H., Mir, R. R., Garg, V., Henry, R., Ming, R., & Varshney, R. K. (2025). Harnessing novel genomic resources and emerging breeding tools to fast-track genetic improvement in papaya. *Horticultural Plant Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2025.06.001>
- Das, U., & Prasad, S. S. (2024). Papaya Waste as a Nutraceuticals Product. En *Nutraceuticals from Fruit and Vegetable Waste* (pp. 425–439). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119803980.ch16>
- Delgado, B. Z. S., Cruz, L. B., Hernández, C. E., Vargas, A. D., Damian, N. A., & Palemón, A. F. (2016). Evaluación morfológica de diferentes genotipos silvestres y cultivadas de *Carica papaya* L. en el estado de Guerrero, México. *Tlamati*, 7(1), 27-30.

- Elias, M. J., Hasley, J., Tian, M., & Christopher, D. A. (2023). Development of a Mesophyll Protoplast-Based System for Gene Editing of Papaya. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 59(5), 517–535. <https://doi.org/10.1007/s11627-023-10373-1>
- Esther, I., & Rojop, J. (2023). *Carica papaya: una planta con efecto terapéutico*.
- Farfán, J. N., Farfán, N., Pesqueira, C., Briuolo, W., Fernández, C., Gómez, Á., Montes, S., Del, M., & Rosas, S. (2017). *Informe final* del Proyecto WQ003 Análisis para la determinación de los centros de origen y diversidad genética de Carica papaya (Caricaceae)* Responsable: Forma de citar** el informe final y otros resultados*. www.conabio.gob.mx
- Flores-Hernández, L. A., Otero-Sánchez, M. A., Marín-Montes, I. M., Sabino-López, J. E., & Vélez-Torres, M. (2024). Papaya genetic resources in Mexico and their conservation for genetic improvement. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15(8). <https://doi.org/10.29312/remexca.v15i8.3678>
- Hamim, I., Borth, W. B., Marquez, J., Green, J. C., Melzer, M. J., & Hu, J. S. (2018). Transgene-mediated resistance to Papaya ringspot virus: challenges and solutions. *Phytoparasitica*, 46(1), 1–18. <https://doi.org/10.1007/s12600-017-0636-4>
- Hasley, J., Dinulong, R.-J., Adhikari, A., Christopher, D., & Tian, M. (2025). Genome Editing of Papaya Using Both Cas9 and Cas12a. *Tropical Plant Biology*, 18(1), 74. <https://doi.org/10.1007/s12042-025-09441-0>
- Jiao, M., Liu, C., Prieto, M. A., Lu, X., Wu, W., Sun, J., García-Oliveira, P., Tang, X., Xiao, J., Simal-Gandara, J., Hu, D., & Li, N. (2023). Biological Functions and Utilization of Different Part of the Papaya: A Review. *Food Reviews International*, 39(9), 6781–6804. <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2124415>
- Jyotika, R. K., Harish, S., Karthikeyan, G., Kumar, K. K., Murugan, M., Jayakanthan, M., & Chen, T.-C. (2024). Molecular approaches for the management of papaya ringspot virus infecting papaya: a comprehensive review. *Molecular Biology Reports*, 51(1), 981. <https://doi.org/10.1007/s11033-024-09920-9>
- kumarasinghe, H. S., Kim, J.-H., Kim, S.-L., Kim, K. C., Perera, R. M. T. D., Kim, S.-C., & Lee, D.-S. (2024). Bioactive constituents from *Carica papaya* fruit: implications for drug discovery and pharmacological applications. *Applied Biological Chemistry*, 67(1), 103. <https://doi.org/10.1186/s13765-024-00962-y>
- Kumari, R., Ghani, M., Sharma, H., Thakur, N., Dhiman, K., Thakur, A., Thakur, K., & Sharma, D. (2024). Genomic Selection for Quantitative Disease Resistance in Plants. En *Biotechnological Advances for Disease Tolerance in Plants* (pp. 47–71). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-8874-7_3
- Lara-Abia, S., Lobo-Rodrigo, G., Welti-Chanes, J., & Cano, M. P. (2021). Carotenoid and Carotenoid Ester Profile and Their Deposition in Plastids in Fruits of New Papaya (*Carica papaya* L.) Varieties from the Canary Islands. *Foods*, 10(2), 434. <https://doi.org/10.3390/foods10020434>
- Laurora, A., Bingham, J.-P., Poojary, M. M., Wall, M. M., & Ho, K. K. H. Y. (2021). Carotenoid composition and bioaccessibility of papaya cultivars from

Genotipos silvestres de *Carica papaya* como recurso estratégico para la diversificación de productos y la competitividad agroindustrial: un enfoque genético, bioactivo y agronómico

Muentes Rodríguez, Ronald B.; Pico Mendoza, José N. y Rodríguez Ríos, Elvira B.

Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis*, 101, 103984.
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103984>

TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN RESIDUOS DE FRUTO DE PAPAYA (*Carica papaya*). 70–73.
<http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/vitae>

Mariela, V. aacute zquez C. oacute n, Javier, O. M. C. eacute s, Manuel, J. Z. L., L, F. S. aacute nchez T., Adriana, Q. M., Matilde, M. O. G., Fernando, A. C. M., Francisco, E. G., Gabriela, F. O., & Jorge, M. S. iacute a. (2016). Genetic characterization by amplified fragment length polymorphism (AFLP) markers and morphochemical traits of *Carica papaya* L. genotypes. *African Journal of Biotechnology*, 15(21), 948–959.
<https://doi.org/10.5897/ajb2014.13990>

Rodríguez, C., & Saúco, G. (2004). *TECNICAS DE CULTIVO DE LA PAPAYA (Carica papaya L.) EN CANARIAS*.

Rodríguez Cabello, J., Díaz Hernández, Y., Pérez González, A., Natali Cruz Pedro Rodríguez Hernández, Z., Jesús Rodríguez Cabello, M., Investigador, A., Científica, R., Zulma Natali Cruz, M., & vinculada DrC Pedro Rodríguez Hernández, E. (2014). Evaluation of quality and yield in papaya wild (*Carica papaya* L.) from Cuba. En *Cultivos Tropicales* (Vol. 35, Número 3).
<http://ediciones.inca.edu.cu>

Misnan, N. M., Afzan, A., Omar, M. H., & Low, K. H. (2024). Flavonoid Variability in *Carica papaya* L. var. Sekaki Leaf Maturation and Its Association With Sexual Differentiation Using Targeted Metabolomics. *Natural Product Communications*, 19(7).
<https://doi.org/10.1177/1934578X241260175>

Rodríguez Cabello Jesús, Díaz Hernández Yusnier, Pérez González Aymara, R. Fundora Luis, & Rodríguez Hernández Pedro. (2015). *ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO DE UN GENOTIPO SILVESTRE DE Carica papaya L. CULTIVADO EX SITU Y CV. 'MARADOL ROJA'*. 36, 96–105.
<http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v36n3/ctr15315.pdf>

Oliver-Simancas, R., Labrador-Fernández, L., Abellán-Diéguez, C., García-Villegas, A., Del Caro, A., Leyva-Jimenez, F. J., & Alañón, M. E. (2024). Valorization applications of pineapple and papaya byproducts in food industry. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(3).
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.13359>

Senthilkumaran, J., & Shalini, N. (2014). *Una descripción general de Carica papaya y sus usos medicinales*.

Ovando-Martínez, M., & González-Aguilar, G. A. (2020). Papaya. En *Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Fruits and Vegetables* (pp. 499–513). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812780-3.00031-3>

Shaheen, S., Galanakis, C. M., & Farag, M. A. (2023a). *Carica papaya* biowaste valorization: Biorefinery advances and extraction optimization. *Food Reviews International*, 39(7), 4745–4760.
<https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2057527>

Ramírez, M. A., Arbeláez, M. P., Decano, M., Carlos, J., Pérez, A., Ligia, D., & Corrales García, L. (2016). *DETERMINACIÓN DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS*

Shaheen, S., Galanakis, C. M., & Farag, M. A. (2023b). *Carica papaya* biowaste valorization: Biorefinery advances and

- extraction optimization. *Food Reviews International*, 39(7), 4745–4760. <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2057527>
- Suárez--Quiroz, M., Alberto, J., & Iaa Cruz--Medina, de. (2013). Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 14(2), 115–124. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81329290004>
- TTorres R. (1976). *Papaya* (Vol. 4).
- VVargas y Vargas, M. de L., Figueroa Brito, H., Tamayo Cortez, J. A., Toledo López, V. M., & Moo Huchin, V. M. (2019). Aprovechamiento de cáscaras de frutas: análisis nutricional y compuestos bioactivos. *CIENCIA ergo sum*, 26(2), 1–11. <https://doi.org/10.30878/ces.v26n2a6>
- Vázquez Calderón, M., Zavala León, M. J., Contreras Martín, F. A., Espadas Y Gil, F., Navarrete Yabur, A., Sánchez Teyer, L. F., & Santamaría, J. M. (2014). New cultivars derived from crosses between commercial cultivar and a wild population of papaya rescued at its center of origin. *Journal of Botany*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/829354>
- Villanueva-Jiménez, J. A., Osorio-Acosta, F., Hernández-Castro, E., Téliz-Ortiz, D., Avila-Reséndiz, C., Abato-Zárate, M., Reyes-Pérez, N., Mora-Aguilera, A., Cano-Reyes, O., Reta-Mendiola, J. L., Cabrera-Mireles, H., & González-Munguía, M. V. (2019). Integrated management of papaya pests in Veracruz: *Papaya ringspot virus*, papaya mealybug and mites. *Acta Horticulturae*, (1250), 63–68. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1250.10>
- VVos, C., & Arancon, N. (2020). Soil and plant nutrient management and fruit production of papaya (*Carica papaya*) in Keaau, Hawaii. *Journal of Plant Nutrition*, 43(3), 384–395. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1677712>