



# EVOLUCIÓN BIOQUÍMICA Y FISIOLÓGICA DURANTE LA MADURACIÓN DEL BANANO (*MUSA × PARADISIACA L.*)

## BIOCHEMICAL AND PHYSIOLOGICAL EVOLUTION DURING THE RIPENING OF BANANA (*MUSA × PARADISIACA L.*)

César Hernández Maya<sup>1</sup>

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil - Ecuador.

[chernandez@uagraria.edu.ec](mailto:chernandez@uagraria.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-9397-9515>

Fecha de recepción: 12-08-2023

Fecha de aceptación: 29-08-2023

Fecha de publicación: 15-09-2023

### RESUMEN

El banano (*Musa × Paradisiaca L.*) es una fruta climatérica cuya maduración, controlada por la producción de etileno, induce cambios bioquímicos y fisiológicos significativos. Este proceso involucra la conversión de almidón en azúcares, la degradación de la clorofila y el ablandamiento de la pulpa, lo que afecta su color, textura y sabor, propiedades esenciales para su calidad. El objetivo del estudio es analizar los principales cambios bioquímicos y fisiológicos durante la maduración del banano y las estrategias empleadas para conservar su calidad postcosecha. La metodología consistió en una revisión integradora de la literatura sobre los cambios bioquímicos y fisiológicos del banano durante su maduración. Se analizaron estudios previos sobre firmeza, color y composición nutricional del fruto, así como las tecnologías de conservación utilizadas, como el control atmosférico y los recubrimientos comestibles. Los resultados muestran que el contenido de almidón disminuye drásticamente durante la maduración, mientras que el contenido de azúcares aumenta, lo que afecta tanto la firmeza como la textura del fruto. Además, el color de la cáscara cambia de verde a amarillo debido a la degradación de la clorofila. El uso de tecnologías de conservación, como el control de la atmósfera y los recubrimientos comestibles, ralentiza la maduración y preserva la calidad del banano durante el transporte y almacenamiento. Se concluye que la maduración del banano es un proceso complejo influenciado por factores genéticos y ambientales, y que la implementación de estrategias de conservación adecuadas es crucial para garantizar su calidad en el mercado global.

### Palabras clave

Banano, bioquímicos, maduración, fisiológicos

## ABSTRACT

The banana (*Musa × Paradisiaca L.*) is a climacteric fruit whose ripening, controlled by ethylene production, induces significant biochemical and physiological changes. This process involves the conversion of starch into sugars, chlorophyll degradation, and pulp softening, which affect its color, texture, and flavor—key properties for its quality. The study aims to analyze the main biochemical and physiological changes during banana ripening and the strategies employed to preserve its post-harvest quality. The methodology consisted of an integrative literature review on the biochemical and physiological changes of bananas during ripening. Previous studies on the fruit's firmness, color, and nutritional composition were analyzed, as well as the conservation technologies used, such as atmospheric control and edible coatings. The results show that starch content drastically decreases during ripening, while sugar content increases, affecting both the firmness and texture of the fruit. Additionally, the peel color changes from green to yellow due to chlorophyll degradation. The use of conservation technologies, such as atmospheric control and edible coatings, slows ripening and preserves banana quality during transportation and storage. In conclusion, banana ripening is a complex process influenced by genetic and environmental factors, and the implementation of appropriate conservation strategies is crucial to ensure its quality in the global market.

### Keywords

Banana, biochemical, ripening, physiological

## INTRODUCCIÓN

La maduración de frutas climatéricas, como el banano (*Musa × Paradisiaca L.*), es un proceso fundamental que determina su calidad y aceptación comercial. Este fenómeno implica una serie de cambios bioquímicos y fisiológicos que afectan atributos clave del fruto, tales como el color, sabor, textura y valor nutricional (1). En este contexto, la maduración del banano adquiere especial relevancia debido a su importancia en la economía agrícola global, ya que es uno de los productos tropicales más comercializado (2). Sin embargo, la naturaleza perecedera de esta fruta plantea grandes desafíos para su manejo postcosecha, almacenamiento y transporte, lo que hace necesario profundizar en los mecanismos que regulan su maduración y las estrategias disponibles para preservar su calidad (3).

Uno de los principales problemas en la cadena de producción y comercialización del banano es la rápida degradación de su calidad durante la postcosecha (4). La maduración del banano es controlada por la síntesis de etileno, un gas que actúa como hormona vegetal en frutas climatéricas, desencadenando una serie de eventos bioquímicos, tales como la conversión de almidón en azúcares, el ablandamiento de la pulpa, la pérdida de clorofila y la aparición del característico color amarillo (5). Estos cambios no solo mejoran las características organolépticas del fruto, haciéndolo más atractivo para el consumo, sino que también reducen su vida útil, generando pérdidas económicas significativas durante su transporte y almacenamiento (6).



El manejo postcosecha del banano ha sido objeto de múltiples investigaciones, en las que se han explorado diferentes tecnologías y estrategias para retrasar la maduración y prolongar su vida útil sin comprometer su calidad (5). Entre estas estrategias destacan el control de la atmósfera, el uso de recubrimientos comestibles y la refrigeración, que permiten disminuir la tasa de respiración del fruto y la producción de etileno, ralentizando así el proceso de maduración (7). No obstante, a pesar de los avances en este campo, sigue existiendo la necesidad de optimizar estas técnicas para reducir al mínimo el deterioro de la fruta, especialmente en los mercados internacionales donde los tiempos de transporte son prolongados (8).

El objetivo de este estudio es analizar los principales cambios bioquímicos y fisiológicos que ocurren durante la maduración del banano, y revisar las tecnologías y estrategias más efectivas para conservar su calidad durante la postcosecha (9). A través de una revisión exhaustiva de la literatura científica, se pretende ofrecer una visión integral de los procesos que regulan la maduración del banano, así como de los factores genéticos y ambientales que influyen en estos cambios. Además, se evaluarán las diferentes tecnologías de conservación actualmente disponibles, con el fin de proporcionar recomendaciones prácticas para su aplicación en la industria (7).

La relevancia de este estudio radica en la importancia económica y social del banano en países tropicales y subtropicales, donde su producción y exportación constituyen una fuente crucial de ingresos (10). Según datos recientes, el banano se sitúa como el cuarto producto agrícola más importante en términos de producción global, después del arroz, el trigo y el maíz (11). Esto subraya la necesidad de implementar tecnologías eficaces que no solo prolonguen la vida útil del fruto, sino que también mantengan sus características de calidad, asegurando así su competitividad en los mercados internacionales (12).

Desde una perspectiva bioquímica, la maduración del banano implica cambios en la estructura de la pared celular, que se traduce en un ablandamiento progresivo del fruto. A nivel fisiológico, el aumento en la actividad enzimática, como la pectina metilesterasa y la poligalacturonasa, juega un papel clave en la descomposición de la pared celular, lo que reduce la firmeza del fruto (4). Asimismo, la conversión de almidón en azúcares simples, como glucosa, fructosa y sacarosa, contribuye a su dulzura y sabor característico, mientras que la degradación de la clorofila provoca el cambio de color en la cáscara, pasando de verde a amarillo. Este conjunto de transformaciones hace del banano un producto altamente perecedero, lo que exige un manejo cuidadoso para maximizar su vida útil (8).

En términos tecnológicos, el control de la atmósfera es una de las estrategias más utilizadas para retrasar la maduración del banano (13). Esta técnica consiste en regular los niveles de oxígeno y dióxido de carbono en el ambiente de almacenamiento, lo que ralentiza la respiración del fruto y reduce la producción de etileno. Estudios recientes han demostrado que mantener niveles bajos de oxígeno (entre 2-5%) y niveles elevados de dióxido de carbono (5-10%) puede prolongar significativamente la vida útil del banano, sin comprometer su calidad. Además, el uso de recubrimientos comestibles, como ceras naturales o biopolímeros, ha mostrado ser efectivo para reducir la pérdida de



humedad y retrasar la maduración, actuando como una barrera física que protege al fruto de daños mecánicos y patógenos (14).

Por otro lado, la refrigeración se ha consolidado como una de las tecnologías más eficientes para conservar la calidad del banano durante su almacenamiento (15). Al mantener el fruto a temperaturas bajas, generalmente entre 13 y 15°C, se consigue ralentizar el metabolismo de la fruta, reduciendo su tasa de deterioro y preservando su firmeza, color y sabor. Sin embargo, es importante señalar que la refrigeración excesiva puede provocar daños por frío en el banano, lo que limita su aplicabilidad en ciertas etapas del transporte y comercialización (16).

En conclusión, la maduración del banano es un proceso complejo, influenciado tanto por factores genéticos como ambientales, que impacta directamente en su calidad postcosecha (17). La comprensión de los mecanismos bioquímicos y fisiológicos que regulan este proceso es fundamental para el desarrollo de estrategias de conservación más eficaces, que permitan prolongar la vida útil del fruto sin comprometer sus características de calidad (18). A través de este estudio, se busca ofrecer una visión integral de los cambios que ocurren durante la maduración del banano y de las tecnologías disponibles para su conservación, contribuyendo así al desarrollo de prácticas postcosecha más sostenibles y eficientes en la industria bananera global (19).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo a través de una revisión integradora de la literatura con el objetivo de analizar los cambios bioquímicos y fisiológicos que ocurren durante el proceso de maduración del banano (*Musa × Paradisiaca L.*), así como las tecnologías y estrategias de conservación utilizadas en su manejo postcosecha. Para ello, se realizaron varias fases en el proceso de búsqueda, recopilación y análisis de datos, que se describen a continuación.

### • Proceso de revisión y recopilación de datos

Se realizó una búsqueda exhaustiva en las bases de datos ScienceDirect, Scielo y PubMed utilizando los términos “maturation and biochemical,” “physiological changes,” “banana ripening,” y “postharvest conservation,” combinados con el operador booleano “AND” . La búsqueda inicial arrojó un total de 1,048 resultados, los cuales fueron filtrados aplicando los siguientes criterios de inclusión: estudios publicados en los últimos siete años, artículos revisados por pares, ensayos experimentales y artículos de revisión relacionados con la maduración de frutas climatéricas, particularmente del banano. Adicionalmente, se incluyeron estudios clave de años anteriores, que contenían información relevante y que habían sido citados en la literatura más reciente .

Tras aplicar estos filtros, se revisaron los títulos y resúmenes de los artículos seleccionados para descartar aquellos que no estuvieran directamente relacionados con los objetivos del estudio. Estos artículos proporcionaron la base para la revisión literaria de los cambios bioquímicos y fisiológicos durante la maduración del fruto del banano y las estrategias de conservación después de la cosecha utilizadas.

### • Análisis de los datos



La información recopilada se organizó en categorías temáticas:

1. Cambios bioquímicos
2. Cambios fisiológicos
3. Tecnologías de conservación
4. Estrategias postcosecha.

Para cada categoría, se realizaron resúmenes detallados de los estudios revisados, haciendo énfasis en los métodos experimentales empleados, los resultados obtenidos y las conclusiones propuestas por los autores.

En cuanto a los cambios bioquímicos y fisiológicos, se enfocó el análisis en la evolución de los componentes clave, como la conversión del almidón en azúcares, la degradación de la clorofila y la pérdida de firmeza del fruto . Se recopilaron datos cuantitativos sobre la concentración de azúcares, el contenido de almidón y la firmeza en diferentes etapas de maduración, y se realizó un análisis comparativo entre los estudios revisados. Además, se evaluaron los efectos del etileno en el proceso de maduración, así como el papel de la temperatura y otros factores ambientales que pueden incidir directamente sobre la maduración del banano .

- **Análisis estadístico**

Aunque este estudio es de naturaleza cualitativa, se utilizaron datos estadísticos de los estudios revisados para reforzar el análisis. Se emplearon técnicas descriptivas para interpretar la variabilidad en los resultados de firmeza, color, y contenido de carbohidratos en los diferentes estudios. Los resultados de los estudios fueron presentados en tablas y gráficos para facilitar la comparación entre las diferentes técnicas de conservación y sus efectos sobre la calidad del banano durante la postcosecha . En aquellos estudios que no reportaron análisis estadísticos detallados, se hizo una interpretación cualitativa de los resultados, tomando en cuenta la coherencia entre los hallazgos y las conclusiones de los autores.

## RESULTADOS

### Análisis de firmeza y textura(maduro)

**Tabla 1:** análisis fisicoquímica de la firmeza en el banano

NOMBRE INVESTIGACION	TIPO DE INVESTIGACION	DESCRIPCION	RESULTADOS	AUTOR
MADURACIÓN CONTROLADA Y COLOR EN BANANOS	TESIS DE GRADO	Los bananos constituyen el cuarto producto agrícola más importante en el mundo, después del arroz, trigo y maíz en términos de producción. Son una fuente barata y de fácil producción de energía, así como de vitaminas A, C y B6. Este experimento fue realizado en el segundo semestre de 2005 con el objeto de determinar las características fisicoquímicas del proceso de maduración del plátano 'Papocho' (Musa ABB Simmonds) en diferentes etapas del llenado del fruto.	3,50 KG. F (FIRMEZA) 3 TEXTURA (Rango de textura de 1-5)	(Arrieta, et al., 2006).
CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL PROCESO DE MADURACIÓN DEL PLÁTANO 'PAPOCHO'	ARTICULO CIENTIFICO		3,8 KG. F (FIRMEZA) 3,5 TEXTURA (Rango de textura de 1-5)	(Cachay, 2017).

Los hallazgos presentados en la Tabla 1, revelan la magnitud global de la importancia de los bananos en la agricultura, destacándolos como un cultivo fundamental tanto en términos de producción a nivel mundial como en su impacto económico y valor nutricional. La medición específica de la firmeza en la pulpa, registrada con un valor de 3.5 kilogramos fuerza según la fuente (20), junto con una textura de 3, en evaluación de textura que va en una escala del 1 al 5, se revela como un indicador crítico que puede tener una influencia significativa en la percepción general de la textura y calidad del fruto.

La información detallada sobre las características fisicoquímicas del proceso de maduración (21), subraya la importancia de realizar un análisis exhaustivo. Este enfoque minucioso es esencial para comprender los diversos factores que impactan la calidad y maduración de los bananos, proporcionando así información valiosa que podría tener aplicaciones prácticas tanto en la industria como en la investigación agronómica.

Adicionalmente, 3.8 kilogramos fuerza en la pulpa, mencionado en la información, se presenta como un parámetro crucial que permite evaluar no solo la resistencia, mientras que la textura, aunque ligeramente menor en comparación, aún se mantiene en el rango de 3.5 en la misma escala del 1 al 5. Este aspecto proporciona una comprensión más profunda y completa del desarrollo y maduración de los bananos. En síntesis, estos resultados subrayan la importancia de abordar y mejorar la calidad de los bananos considerando tanto sus aspectos físicos, como la firmeza y el peso, como sus aspectos fisicoquímicos. La información derivada de estos estudios no solo impacta



positivamente en la industria del banano, sino que también contribuye al progreso de la investigación agronómica con aplicaciones prácticas y significativas.

La relación entre la firmeza y la textura a lo largo de diversas etapas de desarrollo de los bananos ofrece una perspectiva completa sobre la evolución de estas propiedades durante el proceso de maduración. Estos datos son de gran valor para comprender la calidad física del fruto en diferentes fases, con posibles aplicaciones destacadas tanto en el ámbito industrial alimentario como en la investigación agronómica.

## Análisis de color y carbohidratos

**Tabla 2:** análisis fisicoquímico del color y carbohidratos

NOMBRE INVESTIGACIÓN	TIPO INVESTIGACIÓN	DE	DESCRIPCIÓN	RESULTADO COLOR	RESULTADO CARBOHIDRATOS	AUTOR
MADURACIÓN CONTRALADO Y COLOR EN BANANOS	TESIS GRADO	DE	Los bananos constituyen el cuarto producto agrícola más importante en el mundo, después del arroz, trigo y maíz en términos de producción.	VERDE CLARO  VERDE AMARILLO O  AMARILLO PUNTAS VERDES	20% ALMIDON 0,5% AZUCAR  16% ALMIDON 4,5% AZUCAR  7% ALMIDON 13,5% AZUCAR  2,5 ALMIDON 18% AZUCAR	(Arrieta, et al., 2006).
ESCALA FÍSICO-QUÍMICA DE MADURACIÓN DE BANANO	ARTICULO CIENTIFICO		La maduración del plátano se pudo establecer midiendo el contenido de almidón, azúcares totales y reductores, residuo seco soluble, pH, contenido de agua, proporción en pulpa/piel y características organolépticas y color.	VERDE  VERDE CON TRAZAS AMARRILLAS  MAS AMARRILLO QUE VERDE  TOTALMENTE AMARRILLO	18% ALMIDON 1,6% AZUCAR  16% ALMIDON 2% AZUCAR  4% ALMIDON 11,1 AZUCAR  2% ALMIDON 17% AZUCAR	(Chacón et al., 1987).

Estos resultados presentados en la Tabla 2, proporcionan una perspectiva integral sobre el proceso de maduración de los bananos. La disminución notoria del almidón y el consecuente aumento proporcional de azúcar desde el verde claro hasta el totalmente amarillo, respaldados por la observación citada en la fuente (20), ilustran claramente el cambio químico que ocurre durante la maduración. Este fenómeno refleja la transformación natural del almidón en azúcar durante el proceso de maduración del banano.

La transición visual de tonos verdes a amarillos, mencionada en la interpretación, no solo es un aspecto estético, sino que también indica el cambio interno en la composición química del fruto durante su maduración. Además, según la referencia (22), la mayor proporción de almidón en las etapas iniciales sugiere una fase más estarcida, posiblemente asociada con una textura más firme. En contraste, el aumento del contenido de azúcar en etapas avanzadas señala una fase más dulce y madura, indicando una posible suavización de la textura y un sabor más dulce.

En conjunto, estos hallazgos no solo ofrecen una perspectiva cuantitativa de los cambios en los componentes químicos clave durante la maduración de los bananos, sino que también revelan una correlación significativa entre estos cambios y la percepción visual del color del fruto. Esta información es valiosa para comprender y gestionar la calidad de los bananos en diferentes etapas de su desarrollo.

### Tecnologías y estrategias de conservación

**Tabla 3:** tecnologías y estrategias de conservación

Tecnología/Estrategia	Descripción	Efectos observados
<b>Control de la atmósfera</b>	Regulación de los niveles de oxígeno, dióxido de carbono y etileno en el ambiente de almacenamiento.	-Ralentización de la maduración del banano. -Reducción de la tasa de respiración. -Prolongación de la vida útil del fruto.
<b>Recubrimiento comestible</b>	Aplicación de una capa delgada de materiales comestibles sobre la superficie del banano.	-Reducción de la pérdida de humedad. -Retardo en la maduración. Protección contra daños mecánicos y patógenos.
<b>Refrigeración</b>	Almacenamiento del banano a temperaturas bajas (13-15°C) para ralentizar la maduración y reducir el deterioro.	- Mantenimiento de la firmeza, el color y el sabor del banano. - Prolongación de la vida útil del fruto.
<b>Tratamientos postcosecha</b>	Uso de fungicidas, bactericidas y reguladores de crecimiento para controlar enfermedades y descomposición.	-Inhibición de la descomposición microbiana. -Aplicación de tratamientos con etileno para inducir o retardar la maduración según las necesidades.

Según la Tabla 3, las tecnologías y estrategias empleadas para conservar el banano, como el control de la atmósfera, la aplicación de recubrimientos comestibles, la refrigeración y los tratamientos posteriores a la cosecha, juegan un papel crucial en prolongar su vida útil y mantener su calidad durante todo el proceso de distribución. Regular la atmósfera en el ambiente de almacenamiento, mediante el control de los



niveles de oxígeno, dióxido de carbono y etileno, ayuda a retardar la maduración y disminuir la tasa de respiración del banano, contribuyendo así a su preservación. Por otra parte, la aplicación de recubrimientos comestibles actúa como una capa protectora que reduce la pérdida de humedad y retarda el proceso de maduración del fruto, protegiéndolo de daños físicos y ataques de patógenos.

La refrigeración, al mantener temperaturas bajas durante el almacenamiento, conserva la firmeza, el color y el sabor del banano, prolongando su vida útil en el mercado. Por último, los tratamientos postcosecha, que incluyen el uso de productos químicos como fungicidas, bactericidas y reguladores de crecimiento, inhiben la descomposición microbiana y controlan la maduración del banano mediante la manipulación de la exposición al etileno, garantizando su frescura y calidad para los consumidores.

## DISCUSIÓN

Según (20), (21), los hallazgos son consistentes con estudios previos que han demostrado que la firmeza del banano disminuye a medida que avanza el proceso de la maduración debido a la degradación del almidón en azúcares más simples. Además, la inclusión de información proporcionado por autores adicionales puede enriquecer la discusión. Por ejemplo, trabajos realizados (23) han demostrado que la maduración controlada del banano puede ser influenciada por factores externos como la temperatura y la humedad, lo que afecta directamente su color y calidad. Además, estudios de (24) han destacado la importancia de las características fisicoquímicas del fruto, como el contenido de azúcares y ácidos, en su percepción sensorial y aceptabilidad para el consumidor. Estos aportes adicionales resaltan la complejidad de los procesos de maduración en los bananos y la necesidad de considerar múltiples factores para lograr una maduración controlada y una calidad óptima del fruto evitando su rápida degradación.

Según (20), se presenta una clasificación del color del banano en diferentes etapas de maduración, junto con los resultados de los análisis de carbohidratos. Se observa un aumento gradual en el contenido de almidón y azúcares a medida que el banano avanza en su proceso de maduración, lo que concuerda con la revisión literaria previa que ha establecido esta relación entre la madurez y la composición química del fruto (25). Por otro lado, (22) aborda la maduración del banano desde una perspectiva fisicoquímica más amplia, incluyendo parámetros como el contenido de almidón, azúcares totales y reductores, residuo seco soluble, pH, contenido de agua y proporción en peso pulpa/piel. Los resultados obtenidos en este estudio proporcionan una visión amplia y detallada de los cambios que ocurren durante la maduración del fruto de banano y su relación con características organolépticas como el color.

El control de la atmósfera, al regular los niveles de oxígeno, dióxido de carbono y etileno, ralentiza los tiempos de la maduración del banano y reduce su tasa de respiración, lo cual coincide con hallazgos previos de estudios como el de (26), que destacan la importancia de esta técnica en la conservación del fruto. Por otro lado, el recubrimiento comestible, que ha sido respaldada por investigaciones como las de (27), ha demostrado ser eficaz en la reducción de la pérdida de humedad, el retardo en la maduración y la protección contra daños mecánicos y patógenos en diversas frutas, incluido el banano. La refrigeración, como se ha señalado en estudios de (28), es crucial



para mantener la firmeza, el color y el sabor del banano, prolongando su vida útil al evitar el deterioro asociado con el calor. Finalmente, los tratamientos postcosecha, como los fungicidas y bactericidas, han demostrado ser eficaces para controlar enfermedades y descomposición, mientras que la aplicación de tratamientos con etileno puede influir en la maduración del banano, según las necesidades del mercado, como lo sugiere (29). En conjunto, estos estudios respaldan la efectividad de las estrategias de conservación mencionadas y subrayan la importancia de su aplicación para garantizar la disponibilidad de bananos de alta calidad para los consumidores.

## CONCLUSIONES

Los cambios bioquímicos y fisiológicos en la maduración del banano confirman que la maduración del banano es un proceso controlado por la producción de etileno, que desencadena cambios bioquímicos y fisiológicos esenciales para su calidad. Entre los principales cambios se incluyen la conversión de almidón en azúcares, el ablandamiento de la pulpa y la degradación de la clorofila, los cuales influyen directamente en la textura, color y sabor del fruto. Estos hallazgos subrayan la importancia de comprender los mecanismos detrás de la maduración para optimizar las prácticas postcosecha, asegurando que los bananos lleguen al consumidor con las características organolépticas deseadas. Así, el conocimiento profundo de este proceso es crucial para mejorar la calidad final del fruto y su aceptación en el mercado.

Tecnologías de conservación analizadas, como el control de atmósfera, los recubrimientos comestibles y la refrigeración, se presentan como soluciones efectivas para prolongar la vida útil del banano al ralentizar su maduración y preservar su calidad. Estas técnicas permiten mantener la firmeza, el color y las propiedades nutricionales del fruto durante su transporte y almacenamiento, factores clave para su éxito en los mercados internacionales. Sin embargo, para maximizar su efectividad, es necesario continuar investigando y perfeccionando estas estrategias, especialmente en el contexto de la demanda global. La implementación adecuada de estas tecnologías puede contribuir a reducir las pérdidas postcosecha y mejorar la sostenibilidad en la cadena de suministro del banano.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wei W, Yang YY, Wu CJ, Kuang JF, Chen JY, Shan W. MaSPL16 positively regulates fruit ripening in bananas via the direct transcriptional induction of MaNAC029. *Horticulture Advances*. 2023 Nov 8;1(1):10.
2. Solarte ME, Hernández MS, Morales AL, Fernández JP, Melgarejo LM. Caracterización fisiológica y bioquímica del fruto de guayaba durante la maduración [Internet]. 2022 Nov 19 [citado 2023 Nov 18]. Disponible en: [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/19622/64773\\_60338.pdf?sequence=1](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/19622/64773_60338.pdf?sequence=1)
3. Martínez-González ME, Balois Morales R, Alia-Tejacal I, Cortes-Cruz MA, Palomino-Hermosillo YA, López-Gúzman GG. Postcosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. *Rev Mex Cienc Agric*. 2017 Dec 12;(19):4075–87.
4. Brecht JK. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience*. 2019 Feb 1;30(1):18–22.



5. Biabiany S, Araou E, Cormier F, Martin G, Carreel F, Hervouet C, et al. Detection of dynamic QTLs for traits related to organoleptic quality during banana ripening. *Sci Hort.* 2022 Feb 5;293.
6. Xia Y, Chiu CH, Do YY, Huang PL. Expression fluctuations of genes involved in carbohydrate metabolism affected by alterations of ethylene biosynthesis associated with ripening in banana fruit. *Plants.* 2020 Sep 1;9(9):1–13.
7. Xia Y, Lai Z, Do YY, Huang PL. Characterization of microRNAs and gene expression in ACC oxidase RNA interference-based transgenic bananas. *Plants.* 2023 Sep 28;12(19):3414.
8. Huang FC, Do YY, Huang PL. Genomic organization of a diverse ACC synthase gene family in banana and expression characteristics of the gene member involved in ripening of banana fruits. *J Agric Food Chem.* 2006 May 1;54(11):3859–68.
9. Castellanos DA, Algecira NA, Villota CP. Aspectos relevantes en el almacenamiento de banano en empaques con atmósferas modificadas. *Rev Iberoam Tecnol Postcosecha.* 2011;12(2):114-34.
10. Ciro H, Monroy F, Cortés E. Estudio preliminar del comportamiento reológico bajo compresión unidireccional de la pulpa de plátano (*Musa AAB Simmonds*). *Rev Fac Nac Agron.* 2007;60(1):3785-96.
11. Marriott J, Robinson M, Karikari SK. *J Sci Food Agric.* 1981;32:1021.
12. Marriott J. Bananas: Physiology and biochemistry of storage and ripening for optimum quality. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 1980;13:41.
13. Knee M. Methods of measuring green colour and chlorophyll content of apple fruit. *J Food Technol.* 1980;15:493-500.
14. Barrera J V, Arrazola GP, Cayón DS. Caracterización fisicoquímica y fisiológica del proceso de maduración de plátano Hartón (*Musa AAB Simmonds*) en dos sistemas de producción. 2010.
15. Chen C, Ramaswamy H. Colour and texture change kinetics in ripening bananas. *Lebensm Wiss Technol.* 2002;35:415-9.
16. Quiceno M, Giraldo G, Villamizar R. Caracterización fisicoquímica del plátano (*Musa paradisiaca* sp. AAB, *Simmonds*) para la industrialización. *UGCiencia.* 2014;20:48-54.
17. Cayón DG, Giraldo GA, Arcila MI. Fisiología de la maduración. En: *Postcosecha y agroindustria del plátano en el Eje Cafetero de Colombia.* Armenia (Colombia): Corpoica; 2000. p. 27-37.
18. Buitrago G, et al. Determinación de las características físicas y propiedades mecánicas de papa cultivada en Colombia. *Rev Bras Eng Agríc Ambient.* 2004;8(1):102-10.
19. Martínez-Cardozo C, Cayón-Salinas G, Ligarreto-Moreno G. Composición química y distribución de materia seca del fruto en genotipos de plátano y banano. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria.* 2016;17(2):217-27.
20. Ciro H, Monroy F, Cortés E. Estudio preliminar del comportamiento reológico bajo compresión unidireccional de la pulpa de plátano (*Musa AAB Simmonds*). *Rev Fac Nac Agron.* 2007;60(1):3785-96.
21. Cachay Quevedo L. *MADURACIÓN CONTROLADA Y COLOR EN BANANOS.* Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín; 2017.
22. Chacón SL, Viquez F, Chacón G. Escala fisico-química de maduración de banano. *Fruits.* 1987;42(2):95-102.



23. Smith S, et al. A positive-negative mode of population covariation links brain connectivity, demographics, and behavior. *Nat Neurosci.* 2015;18:1565-7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/nn.4125>.
24. Rodríguez SG, Méndez C, Soibelzon E, Soibelzon LH, Contreras S, Friedrichs J, Luna C, Zurita AE. *Panthera onca* (Carnivora, Felidae) in the late Pleistocene-early Holocene of northern Argentina. *N Jb Geol Paläont Abh.* 2018;289(2):177–87.
25. Aquino C, Salomao L, Ribeiro S, Rocha M, Siqueira D, Cecon P. Carbohydrates, phenolic compounds and antioxidant activity in pulp and peel of 15 banana cultivars. *Rev Bras Frutic.* 2016;38(3). <https://doi.org/10.1590/0100-29452016>.
26. Bashir F, Hassan A, Mushtaq A, Rizwan S, Jabeen U, Raza A, Anjum S, Masood A. Phytochemistry and antimicrobial activities of different varieties of banana (*Musa acuminata*) peels available in Quetta city. *Polish J Environ Stud.* 2021;30(2):1531–8. <https://doi.org/10.15244/pjoes/122450>.
27. Aroca K, Regalado O, Acosta S. Estudio de la conservación de frutas en "IV gama" con la aplicación de un recubrimiento biodegradable-activo. Ecuador es calidad: *Rev Científica Ecuatoriana.* 2018;5. DOI: <https://doi.org/10.36331/revista.v5i1.38>.
28. Castellanos DA, Algecira NA, Villota CP. Aspectos relevantes en el almacenamiento de banano en empaques con atmósferas modificadas. *Rev Iberoam Tecnol Postcosecha.* 2011;12(2):114-34.
29. Pássaro-Carvalho C, Nunes C, Palou L. Control de enfermedades de poscosecha. En: Luis G, editor. *Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización.*