



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y
VETERINARIA
CARRERA DE AGROPECUARIA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del examen de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito
previo a la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

TEMA:

Principales reacciones bioquímicas en el proceso de maduración del
mango (*Mangifera indica* L.)

AUTORA:

Nayeli Yelitza Murillo Chonana

TUTOR:

Ing. Agr. Marlon González Chica, MSc.

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

2023

RESUMEN

El presente documento abordó el tema sobre las principales reacciones bioquímicas en el proceso de maduración del mango (*Mangifera indica* L.). Este fruto es uno de los más importantes del mundo, gracias a su sabor dulce, aroma, textura cremosa y propiedades nutricionales, el cual también es un fruto climatérico porque experimenta un pico en la respiración y producción de etileno cuando alcanza el máximo grado de maduración de consumo. El principal objetivo fue determinar las principales reacciones bioquímicas en el proceso de maduración del mango. Se planteó una metodología tipo investigativa con enfoque cualitativo y de alcance descriptivo. Además, para la elaboración del presente documento se buscó información en sitios web, artículos científicos y bibliotecas virtuales. Los resultados obtenidos sobre las principales reacciones bioquímicas que tienen lugar durante el proceso de maduración del mango ha proporcionado una visión más profunda de los cambios que ocurren en el fruto, desde un estado inmaduro a uno maduro. Se determinó que las reacciones bioquímicas están dirigidas principalmente hacia los carbohidratos almacenados en el fruto. Los almidones, que representan una fuente de energía en el fruto inmaduro, son degradados en azúcares solubles, como glucosa y fructosa. Se concluyó que las principales reacciones bioquímicas que ocurren durante el proceso de maduración del mango están mediadas por enzimas clave como la amilasa y la pectinasa, cuya actividad aumenta a medida que la maduración progresa.

Palabras clave: Mango, maduración, reacciones bioquímicas, proceso.

SUMMARY

This document addressed the topic of the main biochemical reactions in the mango (*Mangifera indica* L.) ripening process. This fruit is one of the most important in the world, thanks to its sweet flavor, aroma, creamy texture and nutritional properties, which is also a climacteric fruit because it experiences a peak in respiration and ethylene production when it reaches the maximum degree of ripeness for consumption. The main objective was to determine the main biochemical reactions in the mango ripening process. An investigative methodology was proposed with a qualitative approach and a descriptive scope. In addition, to prepare this document, information was searched on websites, scientific articles and virtual libraries. The results obtained on the main biochemical reactions that take place during the mango ripening process have provided a deeper insight into the changes that occur in the fruit, from an immature state to a mature one. It was determined that the biochemical reactions are directed mainly towards the carbohydrates stored in the fruit. Starches, which represent a source of energy in the immature fruit, are degraded into soluble sugars, such as glucose and fructose. It was concluded that the main biochemical reactions that occur during the mango ripening process are mediated by key enzymes such as amylase and pectinase, whose activity increases as ripening progresses.

Keywords: Mango, ripening, biochemical reactions, process.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	II
SUMMARY	III
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VII
1. CONTEXTUALIZACIÓN	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	2
1.4. OBJETIVOS	3
1.4.1. Objetivo General	3
1.4.2. Objetivos Específicos	3
1.5. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	3
2. DESARROLLO.....	4
2.1. MARCO CONCEPTUAL	4
2.1.1. Origen del mango.....	4
2.1.2. Taxonomía del mango	4
2.1.3. Morfología del mango	5
2.1.4. Fases fenológicas del mango	8
2.1.5. Variedades de mango ecuatoriano	10
2.1.6. Maduración del mango.....	11
2.1.6.1. Cambios asociados con la maduración del mango	13
2.1.7. Factores ambientales que afectan la maduración del mango	14
2.1.8. Indicadores de madurez del mango.....	15
2.1.9. Principales reacciones bioquímicas en el proceso de maduración del mango	17
2.2. MARCO METODOLÓGICO	20

2.3. RESULTADOS.....	20
2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	21
3. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN	24
3.1. Conclusiones.....	24
3.2. Recomendaciones.....	25
4. REFERENCIAS Y ANEXOS	26
4.1. Referencias bibliográficas	26
4.2. Anexos.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Origen del mango.....	4
Figura 2. Raíz del mango	5
Figura 3. Tallo del mango.....	6
Figura 4. Hojas del mango	6
Figura 5. Flores del mango.....	7
Figura 6. Frutos del mango	7
Figura 7. Fases fenológicas del mango	8
Figura 8. Variedades de mango ecuatoriano	10
Figura 9. Maduración del mango.....	12
Figura 10. Cambios asociados con la maduración del mango	14
Figura 11. Indicadores de madurez del mango.....	16

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición bioquímica del mango.....	9
---	---

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica* L.) es uno de los frutos tropicales más importantes del mundo, gracias a su sabor dulce, aroma, textura cremosa y propiedades nutricionales. Es un fruto climatérico porque experimenta un pico en la respiración y producción de etileno cuando alcanza el máximo grado de maduración de consumo. Este fruto se cultiva en países de clima cálido como Perú, Venezuela, Costa Rica, Paraguay, Colombia y Ecuador.

El mango es un fruto no tradicional, en la cual existen 7700 hectáreas para su producción en Ecuador, donde se producen variedades como: Tommy Atkins, Haden, Kent y Keitt. Los países a los que Ecuador ha destinado su oferta exportable de mango en los últimos años son: Estados Unidos, Alemania, Bélgica, Países Bajos, Canadá, República Checa, Holanda, Portugal, Rusia, Chile y Jamaica (Marquines 2022).

Una reacción bioquímica es un proceso específico en un organismo vivo en el cual las moléculas se transforman unas en otras, generalmente con la ayuda de enzimas o proteínas especializadas, para llevar a cabo funciones esenciales, como la obtención de energía, la síntesis de componentes celulares o la eliminación de desechos, en el contexto de la interacción entre la química y la biología.

Las reacciones bioquímicas ocurren dentro de las células de los seres vivos. El campo de la bioquímica muestra el conocimiento tanto de la química como de la biología, el cual es esencial para comprender completamente los procesos de vida de los organismos a nivel celular. El metabolismo es la suma de todas las reacciones bioquímicas en un organismo.

El proceso de maduración del mango está controlado por una serie de reacciones bioquímicas en el interior del fruto, caracterizadas por cambios en la textura, color, contenido de azúcares, ácidos, aromas, entre otros. Las sustancias acumuladas durante el desarrollo se transforman de manera progresiva y lenta

hasta que el fruto alcance las condiciones de jugosidad y aroma que permita clasificarlo como maduro (Vasco *et al.* 2023).

El presente documento tiene como propósito determinar las principales reacciones bioquímicas en el proceso de maduración del mango, debido a que la maduración del mango es un proceso complejo y bien regulado que implica una serie de reacciones bioquímicas. La producción de etileno, la conversión de almidón en azúcares, la descomposición de pectinas, la degradación de la clorofila y la síntesis de carotenoides, así como los cambios en el aroma, son algunas de las reacciones clave que ocurren durante este proceso. Estos cambios bioquímicos son cruciales para desarrollar las características organolépticas deseadas en el mango maduro, como el sabor dulce, la textura suave y el color atractivo.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante el proceso de maduración del mango, ocurren reacciones bioquímicas como el incremento en el contenido de azúcares en la pulpa y la pérdida de firmeza, causado por enzimas que degradan polisacáridos complejos de la pared celular. Estos cambios facilitan que el fruto sea más susceptible al ataque de fitopatógenos o al desarrollo de hongos presentes en estado latente, lo cual reduce la calidad antes y después de la cosecha.

Los problemas que normalmente se producen en el mango tras la cosecha son daños causados por frío. Los síntomas más comunes son la aparición de áreas grises bien definidas y hundidas en la piel, oscurecimiento en la pulpa, maduración anormal, mayor sensibilidad a las infecciones, deterioro más rápido, color y sabor pobre, así como el desarrollo de manchas en la piel. La temperatura afecta a todas las reacciones bioquímicas durante la maduración del mango, por lo que esta variable afecta directamente su calidad durante el almacenamiento.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Durante la maduración, el mango sufre varios cambios significativos: con una disminución de la firmeza, aumentan los azúcares del fruto y disminuyen las

concentraciones de almidón y la acidez. La madurez en la cosecha y durante todo el proceso de maduración se juzga por varios factores, que incluyen el color de la pulpa, la firmeza, la concentración de sólidos solubles, la materia seca y la forma del fruto.

El mango está disponible para la cosecha después de haber alcanzado la madurez fisiológica, es en ese momento cuando se aumenta la producción de etileno, con ello la síntesis de enzimas hidrolíticas produce en el fruto una serie de cambios como pérdida de textura, pérdida de acidez, cambio de color, aumento de los grados Brix, entre otros. Por lo antes expuesto se justifica identificar las principales reacciones bioquímicas que participan en el proceso de maduración del mango.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

- Determinar las principales reacciones bioquímicas en el proceso de maduración del mango (*Mangifera indica* L.)

1.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar las principales reacciones bioquímicas del proceso de maduración del mango.
- Analizar el efecto que tienen las reacciones bioquímicas en el mango durante el proceso de maduración.

1.5. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Dominio: Recursos Agropecuarios, ambiente, biodiversidad y Biotecnología

Líneas: Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable

Sublínea: Agricultura sostenible y sustentable

2. DESARROLLO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Origen del mango

El mango es originario de la India y del sureste asiático, esta planta se utiliza desde hace más de 4000 años y cuenta con más de 1000 variedades, poco se sabe sobre su introducción en el país, pero el origen común de los cultivares nacionales se remonta aproximadamente en el año 1700, cuando los marinos portugueses lo trajeron a las costas de América, colonizándolo con éxito y extendiéndolo por casi todo el continente en la franja tropical (Lozada 2013).



Figura 1. Origen del mango

Fuente: (Rodríguez 2020)

2.1.2. Taxonomía del mango

Según Cane (2016), la taxonomía del mango es la siguiente:

Clase: Dicotiledóneas

Subclase: Rosidae

Orden: Sapindales

Suborden: Anacardiineae

Familia: Anacardiaceae

Género: *Mangifera*

Especie: *Indica*

2.1.3. Morfología del mango

Planta

El mango es una planta de hoja perenne, cuya altura en los trópicos puede alcanzar los cuarenta metros, y en los subtrópicos apenas logra superar los diez metros. Técnicamente el mango es un monopodio, manteniendo su tronco bien individualizado a lo largo de la vida de la planta, por medio de un crecimiento apical, siguiendo un eje (Galán 2019).

Raíz

El mango tiene una raíz principal larga con dos y cuatro raíces profundas de hasta 6 m de largo. Las raíces secundarias se concentran a la profundidad del primer metro y se distribuyen según el diámetro de la copa. La distribución de las raíces más delgadas varía estacionalmente dependiendo de la distribución de la humedad del suelo (MARM 2018).



Figura 2. Raíz del mango

Fuente: (Bonells 2018)

Tallo

El tallo del mango es de tamaño mediano, de 10-30 m de altura. Su forma es más o menos recta, cilíndrica y de 75-100 cm de diámetro. Su corteza es de color gris café con grietas longitudinales o surcos reticulados poco profundos, que a veces contienen escurrimientos de resina (INEGI 2013).



Figura 3. Tallo del mango

Fuente: (Estrada 2018)

Hojas

Las hojas del mango son simples, alternas, sin estípulas y con pecíolos de 1-12 cm de largo, de formas y tamaños diferentes, generalmente oblongas con extremidades redondeadas a acuminadas. La forma de las hojas varía entre variedades, pero es más constante dentro de una variedad, sin embargo, su tamaño varía en el árbol (MARM 2018).



Figura 4. Hojas del mango

Fuente: (Hurtado 2023)

Flores

Las flores del mango se encuentran en panículas axilares o terminales de unos 25 cm de longitud, de aspecto piramidal y muy ramificadas. Presentan un raquis de color rosado o morado, a veces verde amarillento y densamente pubescente. Es un tirso compuesto, formado por un eje principal con varios ejes secundarios que se ramifican en ejes terciarios, rara vez cuaternarios o directamente en tres botones florales (INEGI 2013).



Figura 5. Flores del mango

Fuente: (Conrad 2014)

Frutos

Los frutos del mango son drupas aplanadas o redondas, con cáscaras de color verde y matices que varían de amarillo, rojo hasta morado, de tamaño variable. La pulpa comestible forma el mesocarpio, por el cual pasan las fibras que salen del endocarpio, el cual es grueso y leñoso cubierto por una capa fibrosa (Rodríguez 2012).



Figura 6. Frutos del mango

Fuente: (Guerrero 2018)

2.1.4. Fases fenológicas del mango

La fenología del mango se caracteriza por la presencia de fases bien marcadas en climas subtropicales. En los trópicos este no es el caso, ya que de varias fases fenológicas se produce simultaneidad en un mismo período (Gamboa y Marín 2012).

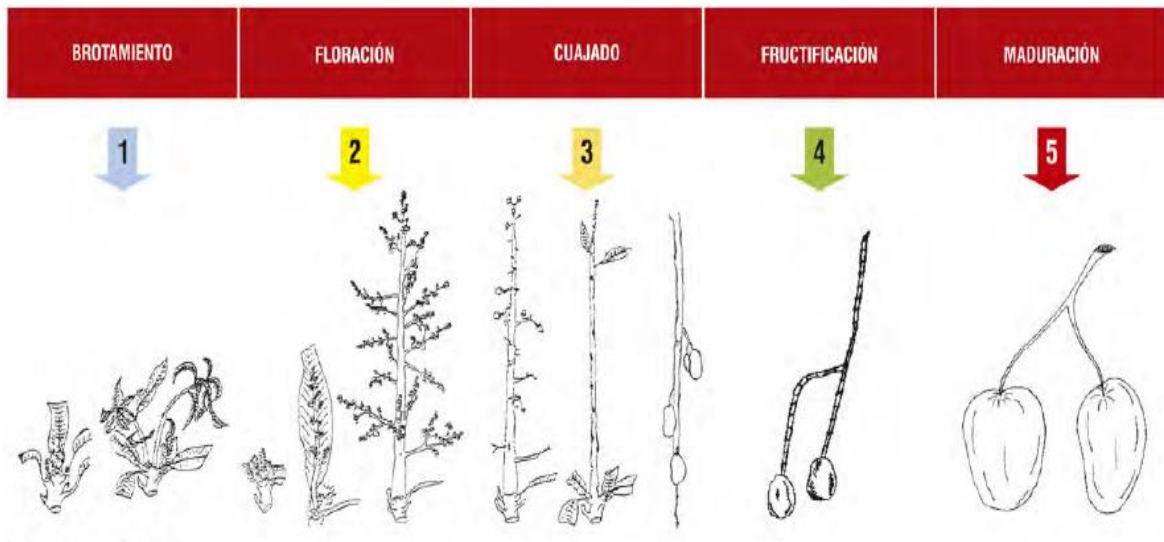


Figura 7. Fases fenológicas del mango

Fuente: (MINAGRI 2015)

Brotamiento

El brotamiento comienza con la emergencia de las yemas, mostrando un leve hinchamiento y un color verde tierno. Luego, los botones apicales se extienden, y aparecen en forma de espinas los primeros botones foliares. Los primordios se alargan y las hojas de color marrón rojizo se destacan. Finalmente, los pecíolos alcanzan su tamaño definitivo y las hojas completamente emergen (Larrea 2013).

Floración

La floración comienza cuando los botones empiezan a abrirse y dan paso a las primeras piezas florales. La inflorescencia se extiende hasta la mitad de su tamaño definitivo y finaliza con la separación y apertura de las flores (Varela 2016).

Cuajado

El cuajado consta de tres estados: En el primer estado, los pétalos se secan y cubren parcialmente el ovario. Luego se produce una caída de frutos que continúa hasta la etapa de llenado. En el estado final, los frutos jóvenes están individualizados y el pedúnculo floral se ha reforzado y alargado (Larrea 2013).

Fructificación

La fructificación se conoce como llenado de frutos en el campo, se refiere al crecimiento progresivo de los frutos y comienza después del cuajado (Varela 2016).

Maduración

En la maduración, los frutos alcanzan el tamaño, color y sabor característico de la variedad. Sin embargo, debido a las condiciones de manejo postcosecha y comercialización, los mangos se cosechan en la madurez fisiológica cuando aún están en proceso de maduración (SENAMHI 2021).

Tabla 1. Composición bioquímica del mango

Vitaminas	Vitamina A
	Vitamina C
	Vitamina E
	Vitamina K
	Vitamina B ₁
	Vitamina B ₂
	Vitamina B ₃
	Vitamina B ₅
	Vitamina B ₆
Vitamina B ₉	
Enzimas digestivas	Lactasa
	Katechol
	Oxidasa
	Magneferin

Minerales	Calcio Fósforo Hierro Magnesio Potasio Sodio Yodo Zinc
Aminoácidos esenciales	Ácido aspártico Ácido glutámico Arginina Lisina Metioanina Triptófano
Antioxidantes	Isoquercitrina Quercetina Fisetina Astragalin
Fibra	Fibra Soluble Ricos en Pectinas

Fuente: (Aragua 2018)

2.1.5. Variedades de mango ecuatoriano

El mango es un fruto tropical exótico muy conocido que se consume principalmente fresco. El mango ecuatoriano, además de sus grandes cualidades alimenticias se destaca por su exquisito sabor y excelente calidad (Pérez 2014).



Figura 8. Variedades de mango ecuatoriano

Fuente: (Avilán 2023)

Tommy Atkins

Es originaria de Florida, supuestamente del Haden. Este fruto llega hasta 13 cm de longitud y pesa de 450 a 700 gramos, color con base morado a rojizo, de forma ovoide a casi redonda, bastante resistente al daño mecánico debido a su cáscara gruesa, tiene buen sabor, su pulpa es jugosa y carece de fibra (Zurita 2015).

Haden

Es muy antigua en Florida, originaria de la variedad “Mulgoba”. Es un fruto de 14 cm de longitud y pesa de 400 a 600 gramos, de forma ovalada y redonda, con fondo amarillo sobre rojizo y muchas lenticelas blancas. La pulpa es jugosa, casi sin fibra con sabor ácido y de buena calidad (Pérez 2014).

Kent

Es originaria de la variedad “Brooks”, la cual provino de la variedad “Sandersha”. Es un fruto que llega a 13 cm o más de longitud y pesa 680 gramos. Es de forma ovalada, más bien llena y redonda, con color base verde amarillento y sobre color rojo oscuro con muchas lenticelas amarillas y pequeñas. Además, la pulpa es jugosa, sin fibra, dulce y de muy buena a excelente calidad (Zurita 2015).

Keitt

Es originaria de una semilla de “Mulgoba” en Florida, alrededor de 1929. El fruto crece hasta 12 cm y pesa de 600 a 700 gramos, tiene forma ovalada, con color base amarillo y muchas lenticelas pequeñas, su pulpa es jugosa y dulce (Rubio 2015).

2.1.6. Maduración del mango

El propósito de la maduración del mango es cuando el fruto inmaduro tiene las propiedades necesarias para ser procesado en pulpa. Los mangos expuestos al gas etileno alcanzan rápidamente su consistencia de maduración. La calidad del

mango maduro depende del estado de maduración en el momento de la cosecha, debiendo evitarse daños físicos postcosecha. Además, existen grandes diferencias en la calidad del sabor y el contenido de fibra entre variedades como Tommy Atkins, Haden, Kent y Keitt (Mares *et al.* 2019).

La maduración del mango comienza, cuando finaliza el crecimiento y termina, cuando comienza la senescencia. Una maduración adecuada en el momento de la cosecha es esencial para comercializar o procesar fruto fresco. Si el mango recogido está demasiado verde, habrá una maduración anormal y un epicarpio arrugado con un sabor, color y aroma pobre. Una cosecha demasiado madura tampoco es buena porque no se puede almacenar satisfactoriamente y se desarrolla una pulpa muy suave alrededor del hueso. La mayoría de las variedades de mango se cosechan para observar el cambio de color de la piel, de verde claro a verde olivo (García 2019).



Figura 9. Maduración del mango

Fuente: (Covarrubias 2022)

Durante el proceso de maduración, los mangos experimentan reacciones bioquímicas que cambian su composición. Estas reacciones van acompañadas de cambios en la textura, color, olor y sabor que hacen que el fruto sea atractivo para su consumo. El mango maduro tiene características organolépticas que lo convierte en un fruto de importancia comercial (Sánchez 2015).

El mango es un fruto climatérico, por lo que su tasa de respiración y producción de etileno aumentan durante la maduración. El etileno juega un papel importante en el inicio de los primeros eventos bioquímicos. Los cambios

relacionados con la respiración y la producción de etileno incluyen la degradación de la clorofila, la síntesis de carotenoides y la síntesis de poligalacturonasa, por lo que el fruto sufre un ablandamiento del tejido debido a que la solubilización de las sustancias pécticas incrementa y el almidón acumulado durante el período de crecimiento desaparece, descomponiéndose en azúcares solubles (Ramírez 2017).

Los mangos son verdes en el momento de la cosecha y después de la cosecha continúan el proceso de maduración, produciendo una disminución en el contenido de almidón y un cambio en el color de la pulpa y la piel. Estos cambios van acompañados con la disminución de fuerza de ruptura de la cáscara, incremento de sólidos solubles y disminución de acidez que en la mayoría de frutos climatéricos la responsable es la hormona del etileno, la cual juega el rol más importante en el proceso de maduración (Rohoden 2022).

2.1.6.1. Cambios asociados con la maduración del mango

Los cambios asociados con la maduración del mango incluyen la conversión de almidón en azúcares, la disminución de acidez, el aumento de carotenoides y compuestos aromáticos. Los mangos deben cosecharse en las horas del día con menor temperatura ambiente. Se realiza manualmente, con operarios entrenados en diferenciar el punto de madurez fisiológica del futo (Gómez *et al.* 2015).

Los principales cambios que se producen en el mango maduro son: Conversión de almidón en azúcares, principalmente para aumentar la dulzura del fruto y disminuir la acidez titulable, la cual está asociada al amargor y acidez del fruto. Aumento en el contenido total de azúcares asociados con la dulzura del fruto. Aumento en las características de los aromas volátiles. Aumento en la tasa de producción de dióxido de carbono y producción de etileno (Hernández 2019).

Durante el proceso de maduración del mango, se producen cambios bioquímicos como el incremento del etileno, el incremento de la respiración que se mide como producción de dióxido de carbono o como consumo de oxígeno, el

incremento de colores amarillos y rojos, azúcares, sabores, aromas y la solubilización de pectinas (Báez 2021).

Cuando el mango comienza a madurar se producen cambios composicionales como: El color de la piel cambia de verde a amarillo. El color de la pulpa varía de verde-blanquizco a amarillo y a anaranjado. Aumenta el contenido de carotenoides y disminuye el contenido de clorofila, los cuales se relacionan con el color de la cáscara y el color de la pulpa. Finalmente disminuye la firmeza de la pulpa y aumenta el contenido de jugo (Mares *et al.* 2019).

Los procesos bioquímicos que ocurren durante la maduración del mango incluyen: Cambios en la firmeza del fruto y la pulpa durante el almacenamiento, variación de los grados Brix, pH, porcentaje de acidez, tasa de respiración, contenido de sacarosa, glucosa, fructosa, ácidos y cambios de color de la piel (Rohoden 2022).

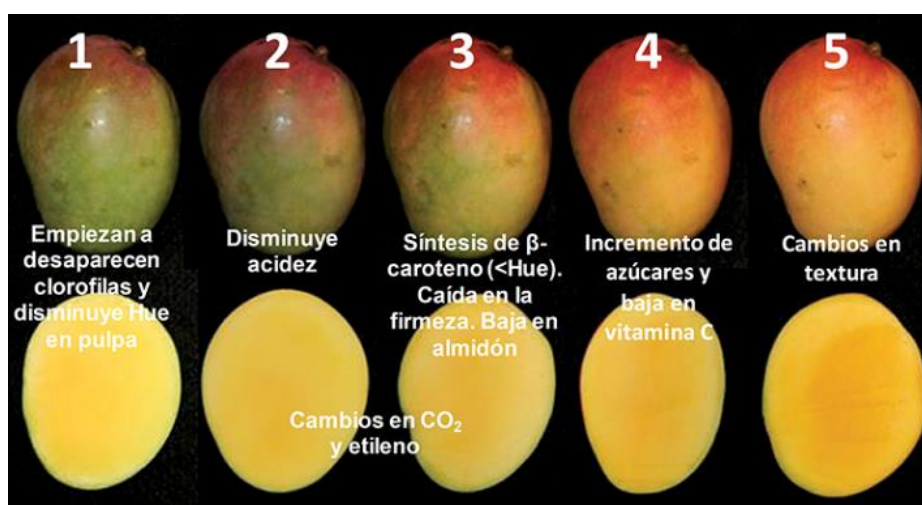


Figura 10. Cambios asociados con la maduración del mango

Fuente: (Correa 2023)

2.1.7. Factores ambientales que afectan la maduración del mango

Temperatura: El control de la temperatura es el factor más importante en el manejo de la maduración del mango; mantener el fruto a temperaturas de 20 a 22 °C proporciona la mejor apariencia, sabor y capacidad para controlar la maduración, por lo que este rango de temperatura es el más adecuado para la maduración del mango durante su almacenamiento (Jiménez y García 2019).

Humedad relativa: Debe mantenerse alrededor del 75-80 %, ya que a porcentajes mayores reduce la pérdida de peso por disminuir la diferencia de presión de vapor, la transpiración y la descomposición ocasionada por microorganismos, por lo que se considera que a porcentajes menores se presenta la marchitez y deshidratación del fruto (Soria y Miranda 2019).

Luz: La luz o la falta de luz durante el almacenamiento del mango provocará reacciones fotoquímicas para formar pigmentos que provocan el color del epicarpio del mango; también la uniformidad de color que presenta el fruto dependerá de la intensidad de la luz (Jiménez y García 2019).

Composición atmosférica: La tasa de respiración de los mangos varía principalmente con la temperatura, pero puede verse afectada notablemente por la composición atmosférica del lugar donde son almacenados (Soria y Miranda 2019).

2.1.8. Indicadores de madurez del mango

Firmeza del fruto: Disminuye a medida que madura en el árbol y continúa disminuyendo durante la maduración postcosecha. La firmeza no debe utilizarse como el único indicador de madurez, sino que puede combinarse con otros indicadores como factor complementario (Crisosto 2019).

Contenido de sólidos solubles (SSC): Aumenta a medida que el fruto madura en el árbol y continúa aumentando después de la cosecha. El contenido de sólidos solubles no debe utilizarse como el único indicador de madurez, sino que puede combinarse con otros indicadores como factor complementario (Moscoso 2019).

Color interno de la pulpa: Es uno de los indicadores más confiables para determinar la madurez de cosecha y madurez de consumo. Los mangos inmaduros tendrán pulpa blanca o amarilla muy pálida. A medida que avanza el proceso de maduración, el color amarillo de la pulpa comienza a formarse desde la semilla hacia afuera. Después de la cosecha, a medida que el mango madura, la intensidad

del color aumenta y cubre una mayor parte del interior del mango. El rango de color varía por variedades (Crisosto 2019).

Color externo de la piel: No se considera un indicador confiable para determinar la madurez de cosecha, la calidad o la madurez de consumo. Las variedades como Keitt conservan su color verde en la parte externa, incluso cuando están completamente maduras. El color externo de la piel no debe incluirse en las especificaciones de control de calidad del mango (Moscoso 2019).



Figura 11. Indicadores de madurez del mango

Fuente: (Palacio 2023)

Los indicadores de madurez comúnmente utilizados son los cambios en la forma del fruto y en el color de la piel, de verde oscuro a verde claro y a amarillo. El color rojo de la piel de algunas variedades de mango no es un indicador fiable de madurez, aunque el grado de desarrollo del color amarillo en la pulpa sí lo es. El desarrollo de un método no destructivo para la detección de cambios en el color de la piel proporcionará un indicador útil para determinar las etapas de madurez fisiológica y madurez de consumo de todas las variedades de mango (Valencia 2021).

El indicador de madurez depende de la variedad, pero suele observarse por el color, la forma de la nariz, los hombros y el tamaño: El color de la piel varía de verde oscuro a verde claro o a amarillo. El color de la pulpa varía de amarillo verdoso a amarillo o a anaranjado dependiendo de las variedades (Gómez *et al.* 2015).

2.1.9. Principales reacciones bioquímicas en el proceso de maduración del mango

Producción de etileno: El etileno es una de las principales señales que inician y regulan el proceso de maduración en los frutos. En el caso del mango, la producción de etileno juega un papel clave en el inicio y la propagación de su maduración. Dado que el mango produce etileno de forma natural, por lo tanto, es seguro y eficaz utilizar esta hormona (Candela 2021).

La producción de etileno es esencial en el proceso de maduración del mango, ya que desencadena una serie de cambios, los cuales son cruciales para desarrollar su sabor, textura y aroma, permitiendo que el fruto alcance su punto óptimo de madurez. Una pieza de fruto maduro responde al etileno, y madura por cuenta propia de manera normal (Isaza 2020).

Conversión de almidón en azúcares: El almidón presente en el mango verde se descompone en azúcares más simples, como glucosa y fructosa, durante la maduración, lo que aumenta el contenido de azúcares y la dulzura del mango maduro. El color verde, reduce el almidón cuando se convierte en azúcar y disminuyen las pectinas insolubles, la firmeza de la pulpa y la acidez (Báez 2021).

La conversión de almidón en azúcares es un proceso importante que ocurre durante la maduración del mango, ya que el almidón se descompone en azúcares más simples, como glucosa y fructosa, que son responsables del sabor dulce, característico de los mangos maduros. La glucosa es un monosacárido que se encuentra en los frutos y la fructosa también es un monosacárido, pero esta se presenta de manera natural en los frutos (Ruiz 2022).

Descomposición de pectinas: El etileno estimula la producción de enzimas que descomponen la pectina, una sustancia que mantiene la firmeza del fruto. La descomposición de pectinas contribuye al ablandamiento del mango a medida que madura. La solubilización de compuestos peptídicos es de gran parte responsable de los procesos de ablandamiento (Anastacio 2017).

La descomposición de pectinas es un proceso esencial que ocurre durante la maduración del mango, ya que las enzimas pectinasas descomponen las pectinas, lo que resulta en el ablandamiento del fruto y en cambios de su textura. Las pectinas tienen funciones importantes dentro del mango, porque estas son las que proporcionan firmeza a las paredes celulares (Quintero y Giraldo 2013).

Degradación de la clorofila y la síntesis de carotenoides: Durante el proceso de maduración del mango, se producen cambios en los pigmentos que dan color al fruto. Estos cambios se caracterizan por la degradación de la clorofila y la síntesis de carotenoides. La clorofila, el pigmento verde presente en los frutos inmaduros, se degrada durante la maduración, revelando los pigmentos amarillos y naranjas de los carotenoides (Barbero 2023).

La degradación de la clorofila y la síntesis de carotenoides son dos procesos importantes que contribuyen a los cambios en el color característico de un mango maduro. Las clorofilas producen el color verde y se degradan, de tal manera, que permiten que los compuestos carotenoides que forman el color amarillo, absorban luz del espectro visible y por tanto la transmitan a la longitud de onda propia amarilla (Quintero y Giraldo 2013).

Producción de compuestos aromáticos: Durante la maduración, se generan y acumulan diversos compuestos aromáticos en el mango, lo que contribuye a su aroma característico y atractivo. Los principales compuestos reportados para el aroma del mango son: 3-careno, limoneno, α -pineno, p -cimeno, acetaldehído, etanol y hexanal (Moreno *et al.* 2012).

La producción de compuestos aromáticos es un proceso clave durante la maduración del mango, ya que influye directamente en su aroma característico. Estos compuestos son responsables de la fragancia distintiva y atractiva que asociamos con los mangos maduros. Los mangos son muy aromáticos y cuando están en su punto óptimo, tienen un agradable sabor resinoso (Torres 2017).

Descomposición de compuestos astringentes: Los mangos inmaduros a menudo contienen compuestos astringentes, como los taninos, que les dan un

sabor amargo y astringente. Una clase de compuestos fenólicos que se encuentran en la cáscara de mango son los taninos. Estos compuestos limitan la incorporación de cáscara de mango en los alimentos (González 2021).

Los compuestos astringentes, como los taninos, presentes en el mango inmaduro, se descomponen durante la maduración. Esto reduce la astringencia y mejora el sabor del fruto. Los taninos de predominancia en el mango son galotaninos, de gran peso molecular. Su cuantificación y detección es compleja ya que contienen distintas porciones de glucosa y esterificaciones de ácido gálico que dificultan su análisis (Negrete 2015).

Cambio en la composición de ácidos orgánicos: Durante la maduración, la composición de ácidos orgánicos presentes en el mango puede cambiar. Estos ácidos son importantes, debido a que pueden ser una fuente de energía durante la respiración y por ello su contenido tiende a decrecer con el desarrollo (Maldonado *et al.* 2016).

La composición de ácidos orgánicos presentes en el mango también cambia durante la maduración. Estos ácidos son importantes componentes del sabor y tienden a disminuir a medida que el mango madura. La disminución de los ácidos cítrico y málico contribuye al aumento del sabor dulce y a la disminución de la acidez (Almanza *et al.* 2016).

Actividad enzimática: Los mangos ayudan a descomponer los carbohidratos en glucosa y maltosa con la enzima digestiva amilasa. La actividad de las enzimas del mango aumenta con la maduración del fruto, esto hace que se vuelva más dulce con el paso del tiempo (Hillera 2022).

La actividad enzimática, como la amilasa aumenta durante la maduración. Los mangos contienen esta enzima digestiva, por lo que la descomposición de los carbohidratos del almidón conduce a la formación de glucosa y maltosa, la cual es un disacárido compuesto por dos moléculas de glucosa (Castro 2020).

2.2. MARCO METODOLÓGICO

Para la elaboración del presente documento se recopiló información mediante el análisis, síntesis y resumen de sitios web, bibliotecas virtuales y artículos científicos que permitieron estudiar el desarrollo de la presente investigación por medio del aporte de opiniones de autores. Se especificó la temática sobre las principales reacciones bioquímicas en el proceso de maduración del mango y se detalló el efecto que tienen cada una de ellas en el fruto.

2.3. RESULTADOS

La identificación de las principales reacciones bioquímicas que tienen lugar durante el proceso de maduración del mango ha proporcionado una visión más profunda de los cambios que ocurren en el fruto, desde un estado inmaduro a uno maduro. Se determinó que las reacciones bioquímicas están dirigidas principalmente hacia los carbohidratos almacenados en el fruto. Los almidones, que representan una fuente de energía en el fruto inmaduro, son degradados en azúcares solubles, como glucosa y fructosa. Este proceso está mediado por enzimas como la amilasa, cuya actividad aumenta a medida que la maduración avanza.

Otro hallazgo importante es la correlación entre las reacciones bioquímicas y las características organolépticas del mango. La conversión de almidón en azúcares solubles durante la maduración no solo influye en el contenido de azúcares y el dulzor, sino que también desempeña un papel en la textura suave del fruto. Además, la producción de compuestos aromáticos volátiles se incrementa a medida que progresa la maduración, lo que contribuye al aroma característico y atractivo de los mangos maduros. Asimismo, los cambios en la concentración de pigmentos, como la reducción de la clorofila y el aumento de carotenoides, influyen en el color de la piel, señalando visualmente el estado de madurez.

El análisis detallado del efecto de las reacciones bioquímicas en el proceso de maduración del mango ha arrojado resultados significativos en relación con la transformación del fruto a lo largo de su ciclo de vida. Durante la maduración, se

observa una clara influencia de las reacciones enzimáticas sobre la composición de carbohidratos. Los almidones, como principal fuente de reserva de energía en el fruto inmaduro, son degradados en azúcares solubles, principalmente glucosa y fructosa. Esto no solo resulta en un aumento del contenido de azúcares, contribuyendo al dulzor característico, sino que también incide en la textura al suavizar el fruto a medida que la pectinasa descompone la pectina en la pared celular.

La influencia de estas reacciones bioquímicas también se extiende a las propiedades sensoriales del mango. La formación y liberación de compuestos aromáticos volátiles durante el proceso de maduración contribuye a la evolución del perfil de aroma del fruto. La identificación de compuestos aromáticos sugiere una diversidad en la contribución de diferentes moléculas al aroma característico de los mangos maduros. Paralelamente, la variación en la concentración de pigmentos, como la disminución de la clorofila y el aumento de carotenoides, resulta en el cambio de color, de verde a amarillo en la piel, lo que también es una característica distintiva del mango maduro.

La relevancia de entender el efecto de estas reacciones bioquímicas en el proceso de maduración del mango es innegable. Estos resultados no solo contribuyen al conocimiento fundamental de la biología del fruto, sino que también tienen implicaciones prácticas. La información obtenida puede ser utilizada para desarrollar estrategias que optimicen el manejo postcosecha, tales como determinar el punto óptimo de cosecha y establecer condiciones adecuadas de almacenamiento. Asimismo, esta comprensión podría influir en la selección y promoción de variedades de mango con perfiles de aroma y sabor más deseables, lo que a su vez podría impactar en la preferencia del consumidor y la comercialización del fruto.

2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Puedo denotar que las reacciones bioquímicas en la maduración del mango son determinantes en la formación de sus características distintivas. Sin embargo, un examen más profundo de la regulación y las conexiones entre estas reacciones

enriquecerá nuestra comprensión de la dinámica de la maduración de los mangos y su efecto en la calidad final del fruto. Por lo que León *et al.* (2022) expresa que, a lo largo del proceso de maduración del mango, tienen lugar reacciones bioquímicas que incluyen la disminución de la firmeza debido a la acción de enzimas que descomponen los polisacáridos complejos en las paredes celulares, así como el aumento de la concentración de azúcares en la pulpa.

Asimismo, puedo mencionar que la temperatura es un determinante crucial en el proceso de almacenamiento del mango, ya que su influencia no solo se limita a las reacciones bioquímicas internas, sino que también se extiende a la interacción con microorganismos. Al comprender estas conexiones intrincadas, podemos adoptar enfoques más efectivos para preservar la calidad y prolongar la vida útil de los mangos durante su almacenamiento. Por lo que Zapata *et al.* (2018) destaca que, la temperatura tiene un impacto directo en la calidad del mango durante el almacenamiento, ya que afecta a todas las reacciones bioquímicas que ocurren durante la maduración.

El proceso de maduración del mango es un espectáculo a nivel sensorial. Las reacciones bioquímicas que tienen lugar en este proceso no solo alteran la composición interna, sino que también desencadenan cambios que mejoran la experiencia del consumidor. Esta interacción entre lo químico y lo sensorial es la base de la magia de la maduración de los mangos. Por lo que Sánchez (2015) menciona que, a lo largo del proceso de maduración, los mangos experimentan reacciones bioquímicas que modifican su composición. Estas reacciones van acompañadas por cambios, como transformación en la textura, evolución en el color, emisión de los aromas y ajustes en el sabor, que confieren atractivo al fruto para ser consumido.

El proceso de maduración del mango es una interacción intrincada de reacciones bioquímicas que definen su perfil sensorial. No obstante, este proceso debe ser entendido como una red interconectada de cambios que evolucionan de manera constante, lo que enriquece nuestra percepción de la maduración como un fenómeno en constante transformación. Por lo que Albán (2018) señala que, la maduración del mango está dirigida por un conjunto de reacciones bioquímicas

internas en el fruto, las cuales se manifiestan a través de cambios en la textura, color, contenido de azúcares, ácidos, aromas, entre otros.

De acuerdo con la documentación recopilada se puede evidenciar que las reacciones bioquímicas que tienen lugar en el mango durante la maduración definen sus propiedades organolépticas y su estado óptimo para el consumo. El proceso de conversión de almidón en azúcares, el aumento de la concentración de azúcares y la intensificación de los aromas son componentes fundamentales que trabajan en conjunto para dar vida al mango maduro que todos disfrutamos. Por lo que Hernández (2019) expone que, las principales reacciones bioquímicas que tienen lugar en el mango cuando alcanza su madurez son: la transformación del almidón en azúcares, el incremento en la cantidad total de azúcares, el incremento en las propiedades de los aromas volátiles, entre otros.

3. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

3.1. Conclusiones

En conclusión, el análisis detallado de las principales reacciones bioquímicas que ocurren durante el proceso de maduración del mango revela una secuencia ordenada de cambios que transforman el fruto, desde su estado inmaduro hasta el maduro. La conversión de almidón en azúcares solubles, como glucosa y fructosa, junto con la degradación de la pectina en la pared celular, son procesos principales que contribuyen a la suavización del fruto y al desarrollo de su sabor característico. Estas reacciones están mediadas por enzimas clave como la amilasa y la pectinasa, cuya actividad aumenta a medida que la maduración progresa.

Las implicaciones de comprender las reacciones bioquímicas en el proceso de maduración del mango son diversas y de gran relevancia. Esta comprensión profunda podría guiar prácticas agrícolas más precisas, como la determinación del momento óptimo de cosecha, lo que impactaría directamente en la calidad y el sabor del fruto. Además, los compuestos aromáticos volátiles y los cambios en pigmentación identificados en el proceso de maduración tienen implicaciones directas en la industria alimentaria, ya que estos factores son cruciales para la aceptación y preferencia del consumidor.

3.2. Recomendaciones

En vista de los descubrimientos en torno a las principales reacciones bioquímicas que guían la maduración del mango, se proponen diversas recomendaciones para mejorar tanto la producción como la calidad de los mangos maduros:

Implementar técnicas de monitoreo y análisis más frecuentes en las etapas clave de maduración. Esto permitiría a los productores identificar el momento óptimo de cosecha en función de los cambios enzimáticos y los perfiles de azúcares. Además, se sugiere investigar más a fondo los factores ambientales que influyen en las reacciones bioquímicas, como la temperatura y la humedad, para desarrollar estrategias de almacenamiento que preserven la calidad y la vida útil de los mangos maduros.

Explorar oportunidades para la innovación en la industria alimentaria. Con el conocimiento de las reacciones bioquímicas, se podría trabajar en el desarrollo de productos derivados del mango que aprovechen sus características sensoriales únicas. También, se sugiere fomentar la investigación para identificar variedades de mango con perfiles de aroma y sabor sobresalientes, lo que podría diversificar las opciones disponibles en el mercado y estimular la demanda.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. Referencias bibliográficas

Albán, A. 2018. Maduración del mango (en línea). Perú-Piura. Universidad Nacional de Piura. 7 p. Consultado 24 ago. 2023. Disponible en <https://docplayer.es/165361191-Universidad-nacional-de-piura.html>

Almanza, M; Ruiz, K; Sosa, M; Cerón, A; Martínez, G. 2016. Cambio en la composición de ácidos orgánicos (en línea). Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos 1(2):271. Consultado 19 ago. 2023. Disponible en <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/3/47.pdf>

Anastacio, J. 2017. Descomposición de pectinas (en línea). Scribd. Consultado 1 ago. 2023. Disponible en <https://es.scribd.com/document/348547053/Reacciones-Quimicas-en-El-Proceso-de-Maduracion-Del-Mango>

Aragua, M. 2018. Composición bioquímica del mango (en línea). Steemit. Consultado 30 jul. 2023. Disponible en <https://steemit.com/steempres/@marlenyaragua/composicinbioquimicayvalornutricionaldelmangoysusbondadesenlasaluddelserhumano-gk51pqbstd>

Avilán, L. 2023. Variedades de mango ecuatoriano (en línea). Intagri. Consultado 30 jul. 2023. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/el-cultivo-de-mango-y-su-fertilizacion>

Báez, M. 2021. Aspectos claves en el proceso de maduración del mango (en línea). Redagrícola. Consultado 1 ago. 2023. Disponible en <https://redagricola.com/aspectos-claves-en-el-proceso-de-maduracion-de-poscosecha-del-mango/>

Barbero, B. 2023. Degradación de la clorofila y la síntesis de carotenoides (en línea). DocPlayer. Consultado 18 ago. 2023. Disponible en

<https://docplayer.es/96499770-El-color-de-las-frutas-puede-ser-el-resultado-de-la-degradacion-de-la-clorofila-con-poca-o-ninguna-formacion-de-carotenoides-jitomate-mango-o-anto.html>

Bonells, J. 2018. Raíz del mango (en línea). Jardines sin Fronteras. Consultado 18 ago. 2023. Disponible en <https://jardinessinfronteras.com/2018/10/14/el-crecimiento-de-la-raiz-en-arboles-urbanos/>

Candela, M. 2021. Producción de etileno (en línea). Postcosecha. Consultado 18 ago. 2023. Disponible en <https://poscosecha.com/catalytic-generators/catalytic-generators-mangos-maduros>

Cane, R. 2016. Taxonomía del mango (en línea). Slideshare. Consultado 23 jul. 2023. Disponible en <https://es.slideshare.net/ricacane/mangifera-indica-l>

Castro, I. 2020. Actividad enzimática (en línea). Entrenamiento. Consultado 19 ago. 2023. Disponible en <https://www.entrenamiento.com/nutricion/dietas/alimentos-con-enzimas-digestivas-naturales/>

Conrad, J. 2014. Flores del mango (en línea). Mexiconservacion. Consultado 26 jul. 2023. Disponible en <https://mexiconservacion.wordpress.com/2014/05/29/mango/>

Correa, V. 2023. Cambios asociados con la maduración del mango (en línea). DocPlayer. Consultado 18 ago. 2023. Disponible en <https://docplayer.es/92273537-Entendiendo-el-rol-de-la-madurez-fisiologica-y-las-condiciones-de-envio-en-la-calidad-de-llegada-del-mango.html>

Covarrubias, N. 2022. Maduración del mango (en línea). Cardamomo. Consultado 23 ago. 2023. Disponible en <https://www.cardamomo.news/blog/Como-saber-si-un-mango-esta-maduro-2-tips-para-elegirlos-en-su-punto-20220525-0012.html>

- Crisosto, C. 2019. Indicadores de la madurez del mango (en línea). Guía de Madurez y Maduración del Mango. 4 p. Consultado 15 ago. 2023. Disponible en https://www.mango.org/Mangos/media/Media/Documents/Research%20And%20Resources/Downloads/Industry/Market%20Support/Mango_Handling_and_Ripening_Protocol_Spn.pdf
- Estrada, A. 2018. Tallo del mango (en línea). Steemit. Consultado 18 ago. 2023. Disponible en <https://steemit.com/steemstem/@lupafilotaxia/bot-nica-mangifera-i-1556511671>
- Galán, V. 2019. Cultivo de mango (en línea). 2 ed. La Laguna-España. ICIA. 75 p. Consultado 26 jul. 2023. Disponible en https://books.google.com.ec/books?id=y-ZDfynZQwkC&pg=PA73&dq=morfol%C3%B3gia+del+mango&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&sa=X&ved=2ahUKEwiO9N_wo62AAxWQQzABHeQ6Be4QuwV6BAgKEAc#v=onepage&q=morfol%C3%B3gia%20del%20mango&f=false
- Gamboa, J; Marín, W. 2012. Fenología del mango (en línea). Guanacaste-Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 23(1):82. Consultado 30 jul. 2023. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/437/43723963010.pdf>
- García, A. 2019. Maduración del mango (en línea). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 628 p. Consultado 1 ago. 2023. Disponible en <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/6/88.pdf>
- Gómez, D; Bayona, A; Goenaga, R. 2015. Relación entre variables indicadoras de maduración del mango (en línea). Universidad Nacional Abierta y a Distancia. 18 p. Consultado 19 ago. 2023. Disponible en <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/20502/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- González, A. 2021. Descomposición de compuestos astringentes (en línea). Instituto Politécnico Nacional. 10 p. Consultado 19 ago. 2023. Disponible en <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/29774/Alexa%20Ivanna%20González%20Orozco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guerrero, G. 2018. Frutos del mango (en línea). Revista Perspectiva. Consultado 26 jul. 2023. Disponible en <https://perspectiva.ide.edu.ec/investiga/2018/06/26/la-produccion-del-mango-ecuatoriano/>
- Hernández, F. 2019. Cambios asociados con la maduración del mango (en línea). Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Consultado 18 ago. 2023. Disponible en <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume5/5/3/52.pdf>
- Hillera, D. 2022. Actividad enzimática (en línea). HerbolarioWeb. Consultado 19 ago. 2023. Disponible en <https://www.herbolarioweb.com/blog/mejores-suplementos-enzimas-digestivas>
- Hurtado, E. 2023. Hojas del mango (en línea). Campo de Benamayor. Consultado 18 ago. 2023. Disponible en <https://www.campodebenamayor.es/comprar-online/hoja-de-mango/>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2013. Características botánicas del mango (en línea). México. Censo Agropecuario. 7-8 p. Consultado 26 jul. 2023. Disponible en <file:///C:/Users/User/Downloads/manGuerrero.pdf>
- Isaza, J. 2020. Producción de etileno (en línea). Studocu. Consultado 1 ago. 2023. Disponible en <https://www.studocu.com/co/document/politecnico-colombiano-jaime-isaza-cadavid/agricola/origen/8513428>
- Jiménez, S; García, M. 2019. Factores ambientales que afectan la maduración del mango (en línea). Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de

- Alimentos. 629 p. Consultado 1 ago. 2023. Disponible en <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/6/88.pdf>
- Larrea, H. 2013. Fases fenológicas del mango (en línea). Perú. Cartilla Mango. 1-2 p. Consultado 30 jul. 2023. Disponible en <https://es.slideshare.net/hlarrea/minag-cartilla-mango>
- León, J; Tovar, J; Jiménez, M. 2022. Proceso de maduración del mango (en línea). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 13(6):1104. Consultado 24 ago. 2023. Disponible en <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v13n6/2007-0934-remexca-13-06-1103.pdf>
- Lozada, C. 2013. Historia del mango (en línea). Quito-Ecuador. UTE. 21 p. Consultado 23 jul. 2023. Disponible en https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/11781/1/50932_1.pdf
- Maldonado, Y; Navarrete, H; Ortiz, O; Jiménez, J; Salazar, R; Álvarez, P. 2016. Cambio en la composición de ácidos orgánicos (en línea). Revista Fitotec 39(3):210. Consultado 19 ago. 2023. Disponible en <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v39n3/0187-7380-rfm-39-03-00207.pdf>
- Mares, E; López, C; Juárez, M. 2019. Maduración del mango (en línea). Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. 263 p. Consultado 1 ago. 2023. Disponible en <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume5/5/3/52.pdf>
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino). 2018. Morfología del mango (en línea). Plataforma de Conocimiento para el Medio Rural y Pesquero. 1 p. Consultado 26 jul. 2023. Disponible en [file:///C:/Users/User/Downloads/MORFOLOGIA%20DEL%20MANGO_No%20usar%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/MORFOLOGIA%20DEL%20MANGO_No%20usar%20(1).pdf)
- Marquines, C. 2022. Situación actual de la comercialización del cultivo de mango en el Ecuador (en línea). Babahoyo-Ecuador. UTB. 1 p. Consultado 14 jun.

2023. Disponible en
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/11320/E-UTB-FACIAGING%20AGRON-000365.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2015. Fases fenológicas del mango (en línea). Ficha Técnica Requerimientos Agroclimáticos del Cultivo de Mango. Consultado 30 jul. 2023. Disponible en <https://bibliotecavirtual.midagri.gob.pe/index.php/material-de-divulgacion/fichas-tecnicas/2014/44-ficha-tecnica-n-08-requerimientos-agroclimaticos-del-cultivo-de-mango/file>

Moreno, A; León, D; Ríos, E. 2012. Producción de compuestos aromáticos (en línea). Revista Colombiana de Química. Consultado 2 ago. 2023. Disponible en [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28042010000100005#:~:text=Los%20compuestos%20principales%20repor tados%20para,hexanal%20\(8%2D11\)](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28042010000100005#:~:text=Los%20compuestos%20principales%20repor tados%20para,hexanal%20(8%2D11))

Moscoso, S. 2019. Métricas de la madurez del mango (en línea). Protocolo para el Manejo y la Maduración del Mango. 5 p. Consultado 15 ago. 2023. Disponible en https://www.mango.org/Mangos/media/Media/Documents/Research%20And%20Resources/Downloads/Industry/Market%20Support/Mango_Handling_and_Ripening_Protocol_Spn.pdf

Negrete, M. 2015. Descomposición de compuestos astringentes (en línea). Escuela Agrícola Panamericana. Consultado 19 ago. 2023. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/items/93fb7a1f-c9ae-4fcc-a946-52b844faff60>

Palacio, A. 2023. Indicadores de madurez del mango (en línea). PortalFrutícola. Consultado 23 ago. 2023. Disponible en <https://www.portalfruticola.com/noticias/2023/05/04/guia-para-exportar-mango-de-azucar-colombiano-a-ee-uu/>

Pérez, J. 2014. Variedades de mango ecuatoriano (en línea). Scribd. 1 p. Consultado 30 jul. 2023. Disponible en <https://es.scribd.com/document/198895672/Variedades-de-Mango-Ecuatoriano>

Quintero, V; Giraldo, G. 2013. Reacciones bioquímicas en la maduración del mango (en línea). Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial 11(1):15-16. Consultado 18 ago. 2023. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n1/v11n1a02.pdf>

Ramírez, M. 2017. Maduración del mango (en línea). Universidad Autónoma de Sinaloa. 15 p. Consultado 18 ago. 2023. Disponible en https://mcta.uas.edu.mx/pdf/repositorio/2014-2016/07_Ramirez_Perales_Maria_Fernanda.pdf

Rodríguez, J. 2020. Origen del mango (en línea). Scribd. Consultado 23 ago. 2023. Disponible en <https://es.scribd.com/document/474471476/CULTIVO-DE-MANGO#>

Rodríguez, M. 2012. Frutos del mango (en línea). Riobamba-Ecuador. ESPOCH. 32 p. Consultado 26 jul. 2023. Disponible en https://books.google.com.ec/books?id=iYMzAQAAMAAJ&pg=PA32&dq=morfolog%C3%ADa+del+mango&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&sa=X&ved=2ahUKEwjElu6B-KqAAXWRPkQIHc9aC8gQuwV6BAgEEAY#v=onepage&q=morfolog%C3%ADa%20del%20mango&f=false

Rohoden, K. 2022. Maduración del mango (en línea). UTMACH. 22 p. Consultado 19 ago. 2023. Disponible en http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/19696/1/E-10038_ROHODEN%20MEDINA%20KEILA%20BETZABE.pdf

- Rubio, A. 2015. Variedades de mango ecuatoriano (en línea). Slideshare. Consultado 30 jul. 2023. Disponible en <https://es.slideshare.net/adrianaalejandrорubio/cultivo-de-mango-en-el-ecuador>
- Ruiz, J. 2022. Conversión de almidón en azúcares (en línea). Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Consultado 18 ago. 2023. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/813/81373798006/html/>
- Sánchez, F. 2015. Proceso de maduración del mango (en línea). Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. 1 p. Consultado 19 ago. 2023. Disponible en <https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/66/1/Sánchez%20Galván%20Francisco%20Eliezer.pdf>
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). 2021. Fases fenológicas del mango (en línea). Perú. Ficha Técnica Agroclimática del Cultivo de Mango. 2 p. Consultado 30 jul. 2023. Disponible en https://repositorio.senamhi.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12542/1418/Mango-ficha-técnica-agroclimática_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Soria, D; Miranda, R. 2019. Factores ambientales que afectan la maduración del mango (en línea). Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. 628 p. Consultado 1 ago. 2023. Disponible en <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/6/88.pdf>
- Torres, J. 2017. Producción de compuestos aromáticos (en línea). Universidad Politécnica de Valencia. 12 p. Consultado 18 ago. 2023. Disponible en <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1935/tesisUPV2552.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valencia. 2021. Indicadores de madurez del mango (en línea). Fricaval. Consultado 19 ago. 2023. Disponible en <https://fricaval89.com/productos/camaras->

maduracion-desverdizacion/procedimientos-maduracion-etileno-frutas/mango.html

Varela, A. 2016. Fases fenológicas del mango (en línea). Perú. Manual de Observaciones Fenológicas. 49 p. Consultado 30 jul. 2023. Disponible en <https://es.slideshare.net/AntonyManuelVarelaBa/fenologias-de-cultivos>

Vasco, J; Aguirre, C; Castaño, D. 2023. Caracterización fisicoquímica del mango común durante su proceso de maduración (en línea). ResearchGate. Consultado 14 jun. 2023. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/264976016_CHARACTERIZACION_FISICOQUIMICA_DEL_MANGO_COMUN_Mangifera_indica_L_DURANTE_SU_PROCESO_DE_MADURACION

Zapata, J; Agudelo, C; Restrepo, C. 2018. Reacciones bioquímicas durante la madurez del mango (en línea). Revista Brasileira de Fruticultura 40(3):2. Consultado 24 ago. 2023. Disponible en <https://www.scielo.br/j/rbf/a/FkzYjsdSkspVQhfZX5pBqnb/?format=pdf&lang=es>

Zurita, Y. 2015. Variedades de mango ecuatoriano (en línea). Scribd. 1-2 p. Consultado 30 jul. 2023. Disponible en <https://es.scribd.com/document/285398137/Variedades-de-Mango-Ecuatoriano>

4.2. Anexos



Anexo 1: Visita a la Finca Villegas en las plantaciones de mango (foto Nayeli Murillo).



Anexo 2: Plantaciones de mango de diferentes variedades en la Finca Villegas (foto Nayeli Murillo).



Anexo 3: Hojas de una de las plantaciones de mango de la Finca Villegas (foto Nayeli Murillo).



Anexo 4: Floración en las plantaciones de mango de la Finca Villegas (foto Nayeli Murillo).



Anexo 5: Mango Tommy maduro de exportación (foto Nayeli Murillo).



Anexo 6: Mangos Tommy maduros listos para ser comercializados (foto Nayeli Murillo).