



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FRUTICULTURA

## **CALIDAD POSTCOSECHA DE FRUTOS DE DIFERENTES GENOTIPOS DE MANGO (*Mangifera* sp.) DEL SOCONUSCO, CHIAPAS**

BERENICE KARINA FLORES HERNANDEZ

**T E S I S**  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO


2021

La presente tesis titulada: **“CALIDAD POSTCOSECHA DE FRUTOS DE DIFERENTES GENOTIPOS DE MANGO (*Mangifera* sp.) DEL SOCONUSCO, CHIAPAS”**, realizada por la alumna: **Berenice Karina Flores Hernandez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

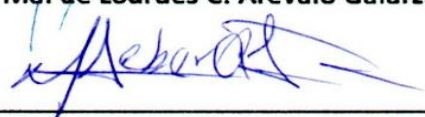
**MAESTRA EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
FRUTICULTURA**

**CONSEJO PARTICULAR**

**CONSEJERA:**

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza**

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Víctor Heber Aguilar Rincón**

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Saúl Espinosa Zaragoza**

**Montecillo, Texcoco, Estado de México, septiembre de 2021**

# CALIDAD POSTCOSECHA DE FRUTOS DE DIFERENTES GENOTIPOS DE MANGO (*Mangifera* sp.) DEL SOCONUSCO, CHIAPAS

Berenice Karina Flores Hernandez, M.C.  
Colegio de Postgraduados, 2021.

## RESUMEN

El mango (*Mangifera indica* L.) es el segundo fruto tropical de mayor importancia en el mundo; en México se ha adaptado a las condiciones ambientales de la zona tropical, específicamente la región Soconusco del estado de Chiapas, se caracteriza por tener condiciones climáticas y edáficas favorables para el desarrollo del cultivo en donde se han caracterizado 28 genotipos de mango. Por lo tanto, esta investigación se basó en dos capítulos: Analizar las características de tres genotipos de mango criollos Manililla, Cuero y Manzana y compararlos con la variedad 'Ataúlfo'; y la aplicación de 200 mg L<sup>-1</sup> de aminoetoxivinilglicina (AVG) inhibidor de la biosíntesis de etileno, así como la cuantificación de metabolitos secundarios en la epidermis. La pulpa y epidermis de Cuero y Manzana son más llamativas, se percibe mejor el color amarillo-anaranjado y presenta matiz rojo en los hombros. Los frutos de Manzana son similares a los frutos de la variedad 'Ataúlfo', en cuanto a contenido de pulpa, firmeza y menor pérdida de peso. Mientras que Manililla es el de menor contenido de pulpa, pero presenta mejor relación SST/AT, finalmente Cuero presenta mayor pérdida de peso y 32 % más contenido de ácido ascórbico que 'Ataúlfo'. En cuanto a la respuesta a la aplicación de AVG, este prolongo un día la vida de anaquel de los genotipos. En cuanto a las características de calidad postcosecha se observó que el AVG no influyo en el metabolismo de los frutos, no se observó diferencias estadísticas entre el control y el AVG. En cuanto a flavonoides y ácido fenólicos en la epidermis de los frutos el contenido es alto y varia durante la ontogenia del fruto. De acuerdo a los resultados, el genotipo Manzana es similar a la variedad 'Ataúlfo'; Manililla y Cuero cuentan con características sobresalientes como o la alta relación azúcar/acido y el alto contenido de ácido ascórbico. El inhibidor de etileno no juega un papel importante en las características de calidad de los frutos de mango.

**Palabras claves:** Recursos fitogenéticos; mejoramiento genético;

# POST-HARVEST QUALITY OF FRUITS OF DIFFERENT MANGO GENOTYPES (*Mangifera* sp.) FROM SOCONUSCO, CHIAPAS

Berenice Karina Flores Hernández, M.C.  
Colegio de Postgraduados, 2021.

## ABSTRACT

The mango (*Mangifera indica* L.) is the second most important tropical fruit in the world; in Mexico it has adapted to the environmental conditions of the tropical zone, specifically the Soconusco region of the state of Chiapas, is characterized by having favorable climatic and edophysical conditions for the development of the crop where 28 mango genotypes have been characterized. Therefore, this research was based on two chapters: Analyze the characteristics of three genotypes of mango creole Manililla, Cuero and Manzana and compare them with the variety 'Ataúlfo'; and the application of 200 mg L<sup>-1</sup> of aminoethoxyvinylglycine (AVG) inhibitor of ethylene biosynthesis, as well as the quantification of secondary metabolites in the epidermis. The pulp and epidermis of Cuero and Manzana are more striking, the yellow-orange color is better perceived and has a red hue on the shoulders. Apple fruits are similar to the fruits of the 'Ataúlfo' variety, in terms of pulp content, firmness and less weight loss. While Manililla is the one with the lowest pulp content, but has a better SST/AT ratio, finally Cuero has greater weight loss and 32% more ascorbic acid content than 'Ataúlfo'. As for the response to the application of AVG, this extended the shelf life of the genotypes by one day. Regarding the characteristics of post-harvest quality, it was observed that the AVG did not influence the metabolism of the fruits, no statistical differences were observed between the control and the AVG. As for flavonoids and phenolic acid in the epidermis of the fruits, the content is high and varies during the ontogeny of the fruit. According to the results, the Manzana genotype is similar to the 'Ataúlfo' variety; Manililla and Cuero have outstanding characteristics such as the high sugar/acid ratio and the high ascorbic acid content. The ethylene inhibitor does not play an important role in the quality characteristics of mango fruits.

**Keywords:** Plant genetic resources; genetic improvement;

## **DEDICATORIA**

A los que han estado conmigo, especialmente a mi madre y mis abuelos que me han apoyado en todo momento; a los que me han inspirado a conseguir día con día el éxito y la superación profesional como espiritual, a aquellos que me han regalado su tiempo y me han enseñado a trabajar además de compartir sus conocimientos y experiencias.

“Deja en manos de Dios todo lo que haces...y tus proyectos se harán realidad”  
(Proverbios 16:3)

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo otorgado para la realización de los estudios de Maestría en Ciencias en el Colegio de Postgraduados.

Al Colegio de Postgraduados – Campus Montecillo, en especial al Programa de Recursos Genéticos y Productividad – Fruticultura, por la oportunidad brindada de realizar el postgrado.

A la Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza por compartir su conocimiento y apoyarme en todo momento para la realización de la presente investigación.

Al Honorable Consejo: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza; Dr. Victor Heber Aguilar Rincón; Dr. Saúl Espinosa Zaragoza por su tiempo dedicado y amplio conocimiento compartido en la realización de la presente investigación.

A la M. C. Cecilia García Osorio por fungir como sinodal y por el apoyo otorgado para la realización de la presente investigación.

Al M.C. Ruben San Miguel Chávez por el apoyo otorgado para el análisis de muestras en el laboratorio de fitoquímica.

A los ingenieros Jorge Salvador Castillo, Noé Pérez y Esaú Pérez, por todo el apoyo y conocimiento compartido durante la presente investigación.

A los propietarios de los predios donde se obtuvo el material vegetal.

A todos aquellos que de alguna manera contribuyeron para la realización de la presente investigación.

## CONTENIDO

<b>RESUMEN .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE CUADROS.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>xii</b>
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>5</b>
Origen y distribución del mango.....	5
Generalidades del mango .....	5
Panorama mundial del mango .....	6
Panorama del mango en México .....	7
Fisiología pre y postcosecha del mango .....	8
Propiedades nutraceuticas del mango.....	11
<b>CAPITULO I. CALIDAD POSTCOSECHA DE FRUTOS DE DIFERENTES GENOTIPOS DE MANGO (<i>Mangifera</i> sp.) DEL SOCONUSCO, CHIAPAS. ....</b>	<b>13</b>
1.1. RESUMEN .....	13
1.2. INTRODUCCIÓN .....	14
1.3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	17
1.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
Características físicas descriptivas de los frutos .....	21
Peso de fruto .....	22
Pérdida de peso.....	23
Relación pulpa/semilla/epidermis .....	24
Humedad y materia seca .....	25
Color de epidermis.....	26
Color de pulpa .....	28
Clorofila en pulpa.....	28

Sólidos solubles totales (SST) y Acidez titulable (AT) .....	29
Relación SST/AT .....	30
Azúcares totales .....	31
Firmeza.....	32
Actividad enzimática pectinmetilesterasa (APME) .....	33
Ácido ascórbico .....	34
Análisis de componentes principales .....	35
Análisis de conglomerados jerárquicos.....	37
1.5. CONCLUSIONES .....	39
<b>CAPITULO II. EFECTO DE AMINOETOXIVINILGLICINA (AVG) EN LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD POSTCOSECHA DE FRUTOS DE DIFERENTES GENOTIPOS DE MANGO.....</b>	<b>40</b>
2.1. RESUMEN .....	40
2.2. INTRODUCCIÓN .....	41
2.3. MATERIALES Y METODOS .....	43
2.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
Peso de fruto .....	48
Relación Pulpa/semilla/epidermis .....	48
Humedad y materia seca .....	49
Pérdida de peso.....	50
Vida de anaquel.....	52
Color de pulpa .....	53
Color de epidermis.....	55
Clorofila y carotenoides en pulpa.....	57
Sólidos solubles totales (SST) y Acidez titulable (AT) .....	58
Relación SST/AT y Azúcares totales .....	59
Firmeza.....	60
Actividad enzimática de pectinmetilesterasa (APME) y poligalacturonasa (APG).....	61
Ácido ascórbico .....	64
Fenoles totales .....	65



Capacidad antioxidante (DPPH) .....	66
Análisis de componentes principales .....	66
Análisis de conglomerados jerárquicos.....	69
Ácidos fenólicos en epidermis .....	71
Flavonoides en epidermis .....	73
2.5. CONCLUSIONES .....	75
<b>CONCLUSIONES GENERALES .....</b>	<b>76</b>
<b>LITERATURA CONSULTADA .....</b>	<b>77</b>

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Composición en base húmeda de pulpa, semilla y epidermis en frutos de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas. ...	25
<b>Cuadro 2.</b> Porcentaje de humedad y materia seca en frutos de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas.....	26
<b>Cuadro 3.</b> Cambios en color de epidermis de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) procedentes del Soconusco, Chiapas .....	27
<b>Cuadro 4.</b> Valores de color de la pulpa de frutos en cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas.....	28
<b>Cuadro 5.</b> Contenido de clorofila en pulpa de frutos de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas.....	29
<b>Cuadro 6.</b> Relación sólidos solubles totales/acidez titulable (SST/AT) en frutos de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas. ....	31
<b>Cuadro 7.</b> Azúcares totales de frutos en cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas.....	32
<b>Cuadro 8.</b> Ácido ascórbico de frutos en cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas.....	35
<b>Cuadro 9.</b> Composición en base húmeda de pulpa, semilla y epidermis en frutos de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas. ...	49
<b>Cuadro 10.</b> Porcentaje de humedad y materia seca en frutos de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas.....	50
<b>Cuadro 11.</b> Cambios en color de pulpa de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) procedentes del Soconusco, Chiapas. ....	54
<b>Cuadro 12.</b> Cambios en color de epidermis de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) procedentes del Soconusco, Chiapas. ....	56
<b>Cuadro 13.</b> Contenido de clorofila y carotenoides en pulpa de frutos de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas. ....	58
<b>Cuadro 14.</b> Cambios en acidez titulable, sólidos solubles totales, en frutos de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas. ....	59
<b>Cuadro 15.</b> Cambios en la relación SST/AT y azúcares totales, en frutos de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas. ....	60

<b>Cuadro 16.</b> Contenido de ácido ascórbico y fenoles totales en frutos de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas .....	65
<b>Cuadro 17.</b> Contenido de ácidos fenólicos en la epidermis de frutos de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas, en el día cero de almacenamiento .....	72
<b>Cuadro 18.</b> Contenido de ácidos fenólicos en la epidermis de frutos de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas, en el día seis de almacenamiento.....	72
<b>Cuadro 19.</b> Contenido de flavonoides en la epidermis de frutos de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas, en el día cero de almacenamiento.....	74
<b>Cuadro 20.</b> Contenido de flavonoides en la epidermis de frutos de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas, en el día seis de almacenamiento.....	74

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diversidad de mangos criollos en el Soconusco, Chiapas. ....	15
<b>Figura 2.</b> Aspecto de color de la piel y características morfológicas de los genotipos de mango de acuerdo con los días de almacenamiento (dda). ....	22
<b>Figura 3.</b> Peso de fruto de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas .....	23
<b>Figura 4.</b> Pérdida de peso de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas. ....	24
<b>Figura 5.</b> Color de epidermis y pulpa de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas.....	27
<b>Figura 6.</b> Cambios en la acidez titulable y sólidos solubles totales de frutos en cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas. ....	30
<b>Figura 7.</b> Cambios en firmeza de pulpa en frutos de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas.....	33
<b>Figura 8.</b> Actividad enzimática de pectinmetilesterasa (APME) de frutos en cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas. ....	34
<b>Figura 9.</b> Análisis de componentes principales de parámetros de calidad postcosecha de frutos en cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas .....	36
<b>Figura 10.</b> Agrupamiento y mapa de calor de frutos de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas.....	38
<b>Figura 11.</b> Peso de fruto de genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas. ....	48
<b>Figura 12.</b> Pérdida de peso de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas. ....	51
<b>Figura 13.</b> Vida de anaquel de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas. ....	52
<b>Figura 14.</b> Apariencia externa al final del almacenamiento de cuatro de genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas.....	53
<b>Figura 15.</b> Color de pulpa de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas .....	55

<b>Figura 16.</b> Color de epidermis de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas .....	57
<b>Figura 17.</b> Firmeza de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas. ....	61
<b>Figura 18.</b> Actividad enzimática de pectinmetilesterasa (APME) de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas.....	63
<b>Figura 19.</b> Actividad enzimática de poligalacturonasa (APG) de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas.....	64
<b>Figura 20.</b> Análisis de componentes principales de parámetros de calidad postcosecha de frutos en cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas .....	68
<b>Figura 21.</b> Agrupamiento y mapa de calor de frutos de cuatro genotipos de mango ( <i>Mangifera</i> sp.) del Soconusco, Chiapas.....	70

## INTRODUCCIÓN GENERAL

El mango (*Mangifera indica* L.) es una de las frutas tropicales más importantes del mundo debido a sus características únicas que incluyen su agradable sabor, valor nutricional, atractivo color, sabor y aroma distintivo (Tharanathan et al., 2006). Es un fruto que se utiliza de diversas formas, ya sea crudo o procesado en jugo, batidos, en rodajas enlatadas o deshidratada (Russo et al., 2019). Antes de la década de 1960, el mango no era un fruto comercializado ampliamente fuera de los países cercanos a los trópicos, y prácticamente no se comercializaba como fruta fresca mientras que hoy en día, se han consolidado como productos en el mercado mundial, especialmente en Europa, América del Norte, Asia y África (Mitra, 2016). La demanda de mango está aumentando, ya que los consumidores más conscientes de la salud incorporan la fruta en su dieta en función de su valor nutricional (Paulmurugan, 2021).

En la actualidad la producción mundial de mango es de aproximadamente 51 M de toneladas en un promedio de 6 M hectáreas con un rendimiento promedio de alrededor de 9 t ha<sup>-1</sup>, producción distribuida en unos 100 países del mundo (Farina et al., 2020). Se cultiva ampliamente en muchas regiones tropicales y subtropicales principalmente India, China, Tailandia, México, Indonesia, Filipinas, Brasil y Pakistán (Sortino et al., 2017). Además, que la producción se extiende fuera de las regiones geográficas tradicionales a América Central y del Sur, Australia, Hawái, Egipto, Israel y Sudáfrica (Saúco, 2017). En la India se cultivan cerca de 1,000 variedades de mango, pero aproximadamente 30 se cultivan comercialmente. Las variedades más conocidas en todo el país son 'Langra', 'Alphonso', 'Dashehari' y 'Banganpalli', Totapuri Ratna, (Neelum X Alphonso) Kesar y Pairi (Lokhande, 2016), debido a sus diversos colores y aromas que van desde tonalidades amarillo verdoso o amarillo dorado con rubor rojo o completamente rojos con pulpa amarilla, firme, con poca o sin fibra, poco jugo, sabor muy dulce y aromático, con pesos que van de 200 a 350 g (Litz, 2009).

Sin embargo, el comercio internacional de mango se basa en cultivares que llevan muchos años en el mercado. Y a menudo, estos cultivares no presentan las condiciones

para los desafíos del comercio internacional moderno, la cadena de suministro y las demandas de los consumidores (Bally, 2011). Esto se refleja en las cifras de exportación donde México es el principal país exportador destinando 23 % de su producción a la exportación, seguido de Brasil (14.3%), Perú (10.3%) e India (9.71%) siendo este último el de mayor producción mundial, sin embargo, solo exporta una mínima parte debido a que tiene un alto consumo local (Mitra, 2016). Los principales destinos de exportación son la Unión Europea (34%) y EUA (20%), donde prefieren mangos amarillos a rojos (Ramos, 2000) y Asia (27%) (Gerbaud, 2009), donde prefieren mangos con piel roja o amarilla (Human y Rheder, 2004).

En México los principales estados productores de mango son Sinaloa, Guerrero, Nayarit, Chiapas, Michoacán, Oaxaca y Jalisco. Siendo el principal cultivar de exportación 'Ataúlfo'. Los otros cultivares que se producen son 'Manila', 'Haden', 'Tommy Atkins', 'Keitt', 'Kent', 'Oro', 'Paraíso' (Petacon) y mangos tipo criollo (Mitra, 2016). La mayor parte de la exportación se va a los EUA, país que presentó un consumo *per cápita* de mango en el 2004 de 0.92 kg y en el 2013 de 1.31 kg, lo que equivale a una tasa de crecimiento anual de 4.24 % (USDA/ERS, 2014). Más del 60% de las importaciones estadounidenses de mango proviene de México y la mayor parte del resto de producción va a Europa, Canadá y Japón.

Chiapas ocupa el cuarto lugar a nivel nacional en producción de mango, y durante los meses de enero a septiembre acapara el mercado de mango 'Ataúlfo' a nivel nacional (Leal-López et al., 2019), además que se caracteriza por presentar condiciones edafoclimáticas favorables para el cultivo de mango (Sánchez et al., 2017). Por ende, en el estado se cultivan aproximadamente 38 mil hectáreas de mango de las cuales en su mayoría están sembradas con la variedad local 'Ataúlfo' (SIAP-AEPA, 2019), de este total, el 95% se cultiva en la región Soconusco, Chiapas (SIAP, 2019) que es caracterizada por su rica biodiversidad de mangos, muchos de ellos denominados "criollos" cuya denominación es local y cuyo valor comercial y/o ecológico aún no se ha cuantificado (Gálvez-López et al., 2010). Se ha mostrado escaso interés en estos materiales a pesar que los recursos genéticos son reservorios de alelos útiles para la

mejora de los rasgos y la innovación en el fitomejoramiento (Rajan y Hudedamani, 2019).

A nivel mundial, hay alrededor de 26,000 accesiones de mango, incluidas especies de consumo local, líneas de reproducción, cultivares avanzados y especies silvestres; en varios bancos de germoplasma en Australia, Indonesia, Sierra Leona, India, Tailandia, Estados Unidos de América y otros países (FAO, 2010). Sin embargo, en México específicamente en Chiapas existe escasa información sobre la morfología de los genotipos locales, no obstante que las variedades locales del Soconusco presentan rasgos de interés para utilizarse en programas de mejoramiento genético para hacer frente al estrés biótico y abiótico, así como satisfacer las preferencias de los consumidores (Gálvez-López et al., 2007a), y no se han hecho estudios sobre su comportamiento fisiológico, bioquímico y propiedades nutraceuticas. Además, es importante destacar que la variedad de germoplasma local de mango está altamente adaptado a su entorno con interesantes potenciales agronómicos, incluida la resistencia a plagas y enfermedades (Sennhenn et al., 2014).

Por lo anterior, es necesario realizar estudios que permitan conocer el potencial de cada genotipo para establecer estrategias de mejoramiento genético apropiadas. Por lo que esta investigación tuvo por objetivo analizar características de los genotipos criollos Manilla, Cuero y Manzana y compararlos con la variedad 'Ataúlfo'. El primer capítulo corresponde a la evaluación de variables de calidad postcosecha de los tres genotipos criollos comparadas con las características de 'Ataúlfo' y conocer el comportamiento fisiológico y bioquímico de los materiales. El segundo capítulo analiza el efecto de un inhibidor de la biosíntesis de etileno aminoetoxivinilglicina (AVG) sobre las características postcosecha de los genotipos criollos y la variedad. Debido a que el mango es un fruto climatérico, el AVG actúa como un inhibidor competitivo en la conversión de S-adenosilmetionina (SAM) en el precursor de etileno, ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), debido a esta capacidad de bloquear reversiblemente la vía de biosíntesis de etileno se ha probado como un medio para retrasar la maduración y mejorar el potencial de almacenamiento de frutos climatéricos (Lara Ayala, 2013). De la misma forma se evaluó el contenido de compuestos fenólicos y flavonoides en la



epidermis de mango, debido a que estudios recientes han mostrado la efectividad de estos fitoquímicos en inhibir el crecimiento de hongos.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Origen y distribución del mango

Los registros históricos y las evidencias paleo-botánicas proporcionan amplia evidencia de que el origen del mango se ubica en la región Indo-Birmania-Malaya, donde aún se encuentran especies silvestres (Tharanathan et al., 2006). Esta especie llegó a China en el siglo VII E.C; a África Oriental alrededor del Siglo X y a Filipinas a principios del siglo XV. Se extendió del sur y sureste de Asia sobre las áreas tropicales y subtropicales del mundo desde el final del siglo XV en adelante. Llegó a Hawái y México a principios del Siglo XIX (Yadav y Singh, 2017). Hoy en día, muchas de las variedades populares de mango que se cultivan en todo el mundo se derivan del mango producido en Florida (EUA). La propagación geográfica del mango se completó esencialmente en la última mitad del siglo XIX con su introducción a lugares tan lejanos como Oceanía (Warschefsky y Von Wettberg, 2019).

### Generalidades del mango

Hoy en día, el mango es una de las frutas más importantes del mundo y se cultiva en climas tropicales y subtropicales de todo el mundo (FAOSTAT, 2018), con dos tipos de cultivares primarios, Indio e indochino, que se diferencian por un conjunto de caracteres morfológicos (Crane et al., 2006). Los cultivares indios tienden a tener un cambio de color aparente cuando están maduros, volviéndose naranja o rojo, tienen fibra y la pulpa es de sabor fuerte, también suelen tener una semilla que es monoembrionica, produciendo una sola plántula. Por el contrario, los cultivares de Indochina tienden a volverse amarillos o permanecer verdes cuando están maduros, muestran una "nariz" o "pico" prominente, y tienen una pulpa que tiene poca fibra y es de sabor suave y suelen tener semillas poliembriónicas, que contienen un único embrión cigótico y múltiples embriones derivados del tejido nucelar materno (Litz, 2009).

## Panorama mundial del mango

El mango es el tercer fruto tropical en términos de producción e importación a nivel mundial, inmediatamente situado tras el plátano y la piña tropical y el quinto de todos los frutos. Esta fruta se cultiva en alrededor de 100 países, es una de las más consumidas a nivel mundial, se encuentra ampliamente distribuida en países asiáticos y latinoamericanos, y en general, en regiones con clima cálido. Con una producción aproximadamente de 51 M de toneladas en un área promedio de 6 M hectáreas (Farina et al., 2020), donde Asia ocupa el primer lugar con el 72.3 % de la producción total, seguido por África (15.9 %), América (11.7 %) y Oceanía (0.1 %), (FAOSTAT, 2017), siendo los países productores de mango del mundo India, China, Tailandia, México, Indonesia, Filipinas, Brasil y Pakistán (Thakor, 2019). India es el productor más grande del mundo por un amplio margen, con más del 40 % de producción global, produjo 18.77 millones de toneladas en 2014. Los principales países exportadores de mango son México (21%), India (16%), Tailandia (15%) y Perú (8%) (FAO, 2015).

Durante el 2013, el valor de las exportaciones de mango se incrementó en un 16 %, lo que contribuyó a consolidar a México en el primer lugar mundial en las ventas de este producto, las ventas internacionales realizadas a 22 destinos alcanzaron en 2013 los 273 millones de dólares (FAO, 2015). Al mercado norteamericano, México, Brasil, Perú, Ecuador y Haití son los principales abastecedores, India y Pakistán son los abastecedores predominantes del mercado asiático occidental mientras que las Filipinas y Tailandia proveen principalmente al mercado asiático del sureste y la Unión Europea compra mangos principalmente de Sudamérica y Asia (Evans, 2008).

Los cultivares más populares que se exportan siguen siendo el 'Kent', 'Tommy Atkins', 'Haden y Keitt', que son frutas con una coloración roja, poca fibra, firmes y más adecuadas que otras variedades para ser transportadas largas distancias (Sauco, 2004) y los cultivares verdes, tales como el 'Ataúlfo' y 'Amelie', también tiene buena aceptación en el mercado internacional. En los últimos años, la variedad 'Ataúlfo' se ha convertido en la variedad mexicana de mayor relevancia en el mercado internacional por la alta

demanda de exportación a Norteamérica y Japón, convirtiendo a México como el principal país exportador de mango. La alta demanda internacional deriva de las características organolépticas deseables propias de la variedad, tales como sabor dulce, pulpa carnosa y poca fibra, entre otras propiedades de aroma y textura (Mendoza-Hernández et al., 2020). Otros cultivares que están ganando popularidad en el mercado internacional incluyen ‘Alphonso’, ‘Dudhpeda’, ‘Kesar’, ‘Sindhu’, ‘Pai’, ‘Desi’, ‘Chaunsa’, ‘Langra’ y ‘Katchamita’, la mayoría de los nuevos cultivares provienen de India y Pakistán (Evans, 2008).

### **Panorama del mango en México**

Los países a los que llega el mango mexicano en orden de importancia son: Estados Unidos, Canadá, Japón, Reino Unido, Países Bajos, Bélgica, España, Francia, Alemania, Guatemala, Australia, Suiza, Austria, Costa Rica, Israel, Italia, Luxemburgo, Nueva Zelanda, Brasil, Corea del Sur, Colombia y Suecia (SADER, 2014). La producción total de mango está compuesta por al menos 6 variedades cuyo cultivo es sistematizado: ‘Haden’, ‘Tommy Atkins’, ‘Keitt’, ‘Kent’, ‘Ataúlfo’ y ‘Manila’, además de diversos frutos denominados “criollos”, esta diversidad de variedades permite contar con mangos casi todo el año, además de las condiciones edafoclimáticas que son favorables (Galán Saúco et al., 2014), aunque la mayor producción se presenta entre los meses de abril a agosto, incluso, en esos meses se encuentran los picos de producción de otros países (CONASPROMANGO, 2012). Los principales estados productores son Sinaloa, Guerrero, Nayarit, Chiapas, Oaxaca, Michoacán y Jalisco, (SIAP, 2019). El mango es una de las frutas más populares que existe en México y la más consumida después del banano y la manzana, con un consumo *per cápita* de 11.6 kilogramos de dicha fruta (SADER, 2020).

Chiapas es de los estados con mayor producción de mango al cierre del primer trimestre del 2020 (SIAP, 2020). Durante los últimos 10 años, Chiapas ha aumentado su producción de mango, y sus mejores años fueron en 2018 y 2019, cuyo valor de producción alcanzó los mil 500 millones de pesos y una producción cercana a las 270 mil toneladas. De 2011 a 2019 ha existido un aumento de la superficie cultivada

45.83% al pasar de 26 mil 484 ha a 38 mil 620 ha, lo que significó un incremento en la producción de 39.01% de toneladas, ya que pasó de 193 mil 042 t a 268 mil 344 t.

El mango 'Ataúlfo' es la principal variedad que se cultiva en Chiapas, con 237 mil 530 toneladas al año (SIAP, 2017), que equivale al 29 % del total nacional, los principales municipios que han destacado por la producción de mango 'Ataúlfo' son Tapachula, Mazatán, Huehuetán, Tuzantán, Huixtla, Villa Comaltitlán, Escuintla, Acacoyagua, Acapetahua y Mapastepec (SIAP, 2019). Es decir, la mayor producción está concentrada en la región del Soconusco; esta entidad contribuye con 34 % del volumen de cosecha de mango 'Ataúlfo' en el país (SIAP, 2015a). La significativa producción por parte de la zona Soconusco, Chiapas se debe a que esta región cuenta con suelos apropiados, esto ha sido comprobado en algunas investigaciones que demuestran que, en la región de la costa en el Océano Pacífico, al sur de Chiapas, se reúnen las condiciones agroecológicas ideales para contar con alta productividad de los suelos y excelente calidad del fruto (De la Torre, 2013). Cabe mencionar que en la región existe una amplia gama de mangos no cultivados con origen y nombres locales que podrían ser potencialmente importantes para el mejoramiento genético de los que actualmente se cultivan en México o para cubrir nichos de mercado (Gálvez-López et al., 2007).

## **Fisiología pre y postcosecha del mango**

### Fisiología precosecha

La calidad final de un mango no depende solamente de los cambios fisiológicos que ocurren durante el proceso de maduración comestible, sino también del desarrollo del fruto y el proceso de maduración fisiológica (estado apropiado para la cosecha, pero aún no comestible) (Ballinas et al., 2013).

### Índice de madurez y cosecha

Dentro de los grandes problemas que actualmente restringen el mercado internacional de mango, se encuentra el amplio rango de madurez uniforme o semisazón, el cual les reditúa mayores ganancias. Para lograr lo anterior es necesario establecer criterios sobre los índices de madurez, que ayudan a decidir cuándo hacer la cosecha, y

proveer cierta flexibilidad en el mercado que asegure que el producto se mantenga en el óptimo comestible cuando llegue al consumidor (Buelvas-Salgado, 2017). Los mangos cosechados en su estado apropiado de madurez alcanzan su madurez comestible normalmente después de la cosecha, si se cortan demasiados verdes no alcanzan su madurez comestible normal y se marchitan, desarrollan poco sabor, color y aroma. Los frutos sobremaduros pueden ser dañados en el momento de la cosecha y no pueden almacenarse ni transportarse en barco satisfactoriamente, los productos procesados de este tipo de frutos resultan gelatinosos y con sabores desagradables (Jagtiani et al., 1988).

### Cosecha y calidad

Índices de cosecha de acuerdo a Kader (2012), los principales índices de cosecha y de calidad de los frutos de mango son los siguientes:

- Cambio de la forma del fruto (llenado de los hombros).
- Cambio del color de la piel, desde verde oscuro hasta verde claro y al amarillo (en algunos cultivares). El color rojo de la piel de algunas variedades no es un buen indicador de su madurez de corte.
- Cambio del color de la pulpa, desde amarillo verdoso hasta amarillo o hasta anaranjado, dependiendo de los cultivares.

### Índices de calidad

- Uniformidad de forma y tamaño; color de la piel (dependiendo del cultivar) y firmeza de la pulpa.
- Ausencia de pudriciones y defectos, incluyendo quemaduras de sol, quemaduras por látex, abrasiones de la piel, hundimiento de la zona próxima a la cicatriz del pedúnculo, escaldado por agua caliente, daño por frío y daño por insectos.
- Los cambios asociados con la maduración incluyen la conversión del almidón a azúcar (aumento de edulcor), disminución de la acidez y aumento de carotenoides y compuestos aromáticos.

- Los diversos cultivares muestran grandes diferencias en cuanto a cualidades del sabor (grado de dulzura, grado de acidez, intensidad y cualidad del aroma) y textura (contenido de fibra).

### Fisiología postcosecha

Una vez que los frutos han sido cosechados en su estado apropiado de madurez fisiológica, éstos realizan una serie de reacciones metabólicas que la conducen a su estado apropiado de madurez comestible (Ballinas et al., 2013).

### Ripening

En frutos de drupa carnosa, el “ripening” se considera como el periodo de transición entre la etapa de maduración y senescencia. En esta etapa los frutos alcanzan su desarrollo total, así como la máxima expresión estética y comestible, los cambios que tienen lugar en este periodo son primariamente bioquímicos (Rivas-Robles et al., 2020). Para frutos climatéricos se encuentra dentro de esta etapa un incremento en el consumo de oxígeno y la producción de CO<sub>2</sub> (Lobo y Yahia, 2017).

### Producción de etileno

El etileno se sintetiza a partir del aminoácido metionina, primero se da la conversión de metionina a S-adenosil-L-metionina (SAM) catalizada por la enzima SAM sintetasa, luego se presenta la formación de 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC) a partir de SAM mediante la enzima ACC sintasa (ACS) y finalmente la conversión de ACC a etileno, catalizada por la ACC oxidasa (ACO) (Pathak et al., 2003). La metionina es reciclada en el ciclo de “Yang” lo que conlleva a tener altas tasas de producción de etileno sin necesidad de altos niveles de metionina intracelular (Barry y Giovannoni, 2007).

El etileno regula la maduración y senescencia de productos agrícolas a nivel molecular, bioquímico y fisiológico (Kesari et al., 2007), debido a que estimula la expresión de genes que codifican para las enzimas relacionadas con los cambios durante la maduración y/o senescencia (Jiang y Fu, 2000). El etileno tiene un papel doble en la postcosecha, por un lado, ocasiona que los frutos adquieran características

organolépticas óptimas para su consumo, pero también es responsable de la senescencia de los tejidos, generando efectos desfavorables en la calidad (Bapat et al., 2010). El mango produce etileno de forma natural; por lo tanto, controlar la producción de etileno es una estrategia atractiva para extender su vida útil (Li et al., 2020).

El conocimiento del mecanismo de acción del etileno ha permitido generar diferentes tecnologías y procedimientos para disminuir sus efectos negativos, donde se incluye la refrigeración, uso de atmósferas modificadas y controladas, aplicación de calcio, entre otros; sin embargo, los retardantes químicos de madurez han mostrado mayor eficiencia en el control de la madurez y senescencia de frutos, hortalizas y flores (Arora et al., 2008). La aminoetoxivinilglicina (AVG), es un compuesto análogo etoxi de rizobitoxina que inhibe la biosíntesis de etileno, debido a que bloquea la acción de la enzima ACC sintasa, mediante la unión al sustrato (fosfato de piridoxal: PLP) (Johnson y Colgan, 2003). La aplicación de AVG ha mostrado resultados favorables en la disminución de la caída de frutos y retraso de la maduración (Schupp y Greene, 2004) en frutales como manzano (Salas et al., 2011), durazno, nectarinas (McGlasson et al., 2005) y peral (D'Aquino et al., 2010), con efectos diferenciales dependiendo del cultivar (Belding y Lokaj, 2002). La aplicación de AVG puede realizarse en precosecha (foliar y drench) y postcosecha (inmersión de los frutos).

### **Propiedades nutraceuticas del mango**

La fruta del mango es una fuente importante de macronutrientes como carbohidratos, lípidos y ácidos grasos, proteínas y aminoácidos, ácidos orgánicos, además de tener micronutrientes como vitaminas y minerales. Finalmente, compuestos no nutrientes como compuestos fenólicos, flavonoides y otros polifenoles, clorofila, carotenoides y compuestos volátiles. El valor energético para 100 g de pulpa va desde 60 a 190 kcal (250 KJ - 795 kJ), siendo una fruta importante para la dieta humana, el contenido nutricional, no nutricional y de agua del fruto de mango varía según el cultivar y varios factores antes y después de la cosecha (Maldonado-Celis et al., 2019).



De la misma manera, la epidermis y la semilla del mango que pueden considerarse desechos pueden ser una fuente importante de compuestos bioactivos, tales como la pectina, flavonoides, polifenoles y mangiferina en la epidermis, ácidos grasos poliinsaturados en la semilla y compuestos de naturaleza fenólica con actividad antioxidante y antiinflamatoria. Además, se ha reportado una importante actividad antimicrobiana en extractos de semilla y epidermis de mango, así como compuestos antioxidantes, debido a la naturaleza de los compuestos polifenólicos que contienen (Engels et al., 2009).

# CAPITULO I. CALIDAD POSTCOSECHA DE FRUTOS DE DIFERENTES GENOTIPOS DE MANGO (*Mangifera* sp.) DEL SOCONUSCO, CHIAPAS.

## 1.1. RESUMEN

**Introducción:** El mango (*Mangifera indica* L.) es el segundo fruto tropical de mayor importancia en el mundo. En la región del Soconusco, Chiapas, México existe un gran número de genotipos de mango, con gran diversidad de formas, sabores y aromas.

**Objetivo:** Evaluar las características postcosecha de tres genotipos de mango criollo Manililla, Cuero y Manzana y compararlos con la variedad 'Ataúlfo'. **Métodos:** De enero a marzo de 2020, se realizó la cosecha (50 frutos) de tres árboles por genotipo, en el Soconusco, Chiapas, México. **Resultados:** Los frutos de Manililla y Cuero tienen pérdidas de peso significativamente mayores y los frutos de Manzana y 'Ataúlfo' son semejantes en cuanto al contenido de pulpa. Mientras que el ángulo Hue decrece en los genotipos durante el almacenamiento, en la epidermis da paso a tonos amarillo-anaranjado, en Cuero y Manzana con matiz rojo en los hombros, en cuanto a la pulpa en Cuero y Manzana es más llamativa porque se percibe mejor el color amarillo-anaranjado. La acidez de los frutos de 'Ataúlfo' 2.4 % mayor que los genotipos criollos, lo que se refleja en una mayor relación SST/AT en los tipos criollos principalmente Manililla y Cuero con valores de 71.1 y 62.6 %, respectivamente, comparado con 39.1 de 'Ataúlfo'. Manzana tiene mayor contenido de azúcares totales (30.3 g 100 g<sup>-1</sup>) y mantienen mayor firmeza a los seis días de almacenamiento (dda) que 'Ataúlfo', Cuero presenta 32% más ácido ascórbico que 'Ataúlfo' y Manililla presenta el índice más bajo de degradación de clorofila (50 %) así como menor actividad enzimática de pectinmetilesterasa durante el almacenamiento mientras que en materia seca y humedad de la pulpa a los seis dda no existe diferencia entre los tipos criollo y la variedad. **Conclusiones:** Los frutos de Manzana son similares a los frutos de la variedad 'Ataúlfo', en cuanto a a contenido de pulpa, firmeza y menor pérdida de peso. Mientras que Manililla es el de menor contenido de pulpa, pero presenta mejor relación SST/AT, finalmente Cuero presenta mayor pérdida de peso y mayor contenido de ácido ascórbico, 32 % más que 'Ataúlfo'.

**Palabras claves:** Recursos fitogenéticos;

## 1.2. INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica* L.) es el segundo fruto tropical de mayor importancia en el mundo, por su volumen de producción, así como por su área cultivada (Abu-Goukh et al., 2019). La aceptación por parte del consumidor del fruto de mango se debe a su sabor característico, dulzor, succulencia (Kittiphoom, 2012) y propiedades nutraceuticas (Asif et al., 2016). Su producción mundial se estima en 50.6 M de toneladas, Asia ocupa el primer lugar con el 72.3 % de la producción total, seguido por África (15.9 %), América (11.7 %) y Oceanía (0.1 %). Los principales países productores de mango son India (19.5 M t), China (4.8 M t), Tailandia (3.8 M t), Indonesia (2.5 M t), México (1.9 M t), Pakistán (1.7 M t), Brasil (1.5 M t), Bangladesh (1.5 M t), Egipto (1.3 M t) y Malawi (1.3 M t), (FAOSTAT, 2017).

En México el mango se ha adaptado bien a las condiciones ambientales de la zona tropical, donde exhibe gran diversidad de formas, sabores y aromas (Gálvez et al., 2007). El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2015b) reportó que abril y julio son los meses con mayor exportación; sin embargo existen factores que influyen en gran medida a tener mango durante prácticamente todo el año como la diversidad de variedades, la ubicación geográfica donde las condiciones climáticas son favorables y la temperatura influye en gran medida, Osuna et al., (2000) reportó que existe una coincidencia entre el descenso de temperatura menor a 20° C y los procesos de iniciación y diferenciación floral además que en algunos estados se realiza el adelanto de floración. En México se cultivan variedades de Florida, tales como 'Tommy Atkins' (9.9 t ha), 'Haden' (8.2 t ha), 'Kent' (9.2 t ha) y 'Keitt' (7.3 t ha) así como también variedades como 'Ataúlfo' (8.2 t ha), 'Manila' (7.8 t ha) y mangos denominados como criollos (8.5 t ha), (SIAP, 2018). Para el 2019 la SIAP reportó que el cultivo de mango se centró en los estados de Sinaloa (19 %); Guerrero (18 %); Nayarit (15%); Chiapas (14%); Oaxaca (10%); Michoacán (8%) y Jalisco (5.5%). El valor de producción de exportación de mango mexicano en 2016 generó 377 millones de dólares, que representa 18.9 % del total de la producción nacional, y el resto se destinó al consumo interno con un consumo *per cápita* de 11.6 kg (SADER, 2017).

El estado de Chiapas se caracteriza por tener condiciones climáticas y edáficas favorables para el desarrollo del cultivo de mango (Sánchez et al., 2017), este se cultiva en una superficie aproximadamente de 38 mil ha de las cuales 32 mil (84 %) están sembradas con la variedad local 'Ataúlfo' (SIAP-AEPA, 2019), y aunque existe una amplia gama de mangos no cultivados con origen y nombres locales que podrían ser potencialmente importantes para programas de mejoramiento genético de los que actualmente se cultivan en México. Específicamente en la región del Soconusco en Chiapas, se han caracterizado 28 genotipos de mango entre los cuales se encuentran los de piel amarilla con tonalidad roja ('Cachetio', 'Manzana', 'Pepino' y 'Oro') y de piel amarilla ('Coche', 'Manililla', 'Papaya', 'Agua', 'Cuero') que son de consumo local (Figura 1).



**Figura 1.** Diversidad de mangos criollos en el Soconusco, Chiapas.

Se sabe que los recursos fitogenéticos como los genotipos criollos tienen variabilidad con características que pueden ser útiles para ser usadas en programas de mejoramiento genético, tales como reducir el porte del árbol, mejorar la fenología de ramas, incrementar el número de frutos, reducir la sensibilidad al frío, e incrementar la resistencia a plagas y enfermedades, así como mejorar las características organolépticas

(sabor, color y aroma). Hasta la fecha, solo unos pocos estudios publicados sobre la morfología de estos materiales están disponibles (Gálvez-López et al., 2007). Sin embargo, en cuanto a estudios sobre las propiedades bioquímicas y nutracéuticas de materiales locales no existen; por lo tanto, el objetivo de esta investigación es evaluar las características bioquímicas y nutracéuticas, así como el comportamiento fisiológico que engloba la calidad postcosecha de genotipos de mango criollo Manililla, Cuero, Manzana que disfrutan del patrocinio local y compararlos con la variedad comercial 'Ataúlfo', todos ubicados en la región Soconusco del estado de Chiapas.

### 1.3. MATERIALES Y MÉTODOS

**Sitio de estudio:** Se evaluaron los frutos de tres genotipos criollos de mango y una variedad, los cuatro materiales fueron cosechados en diferentes ubicaciones. Manzana (15° 07'17.0" N 92° 26'23.6" O) proveniente del municipio de Tuzantán, Cuero (15° 00'43.8" N 92° 22'39.8" O) y la variedad 'Ataúlfo' (15° 00'28.7" N 92° 24'02.2" O) ubicados en el municipio de Huehuetán y Manilla (14° 56' 38" N 92°30'6" O) ubicado en el municipio de Mazatán todos de la región Soconusco del estado de Chiapas, estos árboles con un promedio de 20 años de edad.

**Manejo de los frutos:** De cada genotipo criollo y la variedad se cosecharon 50 frutos de tres árboles de enero a marzo de 2020. Los frutos en madurez fisiológica fueron trasladados al laboratorio de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chiapas donde fueron seleccionados por color, ausencia de daños y enfermedades. Se lavaron con una solución de hipoclorito de sodio 70 mg L<sup>-1</sup> posteriormente se secaron y almacenaron a una temperatura de 20 °C y 75 % HR. La evaluación de los parámetros de calidad postcosecha se observó en el día cero de almacenamiento y a intervalos de dos días hasta la madurez de consumo, se realizaron cuatro evaluaciones para los genotipos criollos y cinco evaluaciones para la variedad 'Ataúlfo'.

**Variables fisicoquímicas:** Las características físicas descriptivas de los genotipos se obtuvieron a partir de observaciones visuales, el peso de fruto se determinó pesando 30 frutos en el día cero de almacenamiento los datos se reportaron en gramos (g), la pérdida de peso se midió diariamente en 20 frutos y las pérdidas de peso acumuladas se reportaron en porcentaje (%) respecto al peso inicial de los frutos. Para determinar las variables restantes se tomaron los 30 frutos que se utilizaron para peso de frutos, que se distribuyeron de acuerdo con el número de evaluaciones realizadas, tomando cuatro frutos por cada evaluación del cual se tomaron dos muestras, una por hombro. Para cuantificar la relación pulpa/semilla/epidermis (masa de la estructura del fruto) se separaron manualmente y se pesó cada parte en forma individual la proporción de cada

parte se calculó con base en el peso total del fruto, los pesos de estos parámetros se determinaron con una balanza digital con 0.001 g de precisión (EX2200 ALSEP, A&D Company, Japón). El porcentaje de materia seca y humedad se determinó de acuerdo con Cadena-Iñiguez et al., (2006), se pesaron 500 mg de fruto y se colocaron en charolas dentro de una estufa (Lab-Line Imperial®, AM, Inc, USA) con aire forzado a 80 °C por 48 h, hasta llegar a peso constante, posteriormente, con el porcentaje de humedad se calculó el contenido de materia seca.

Para determinar el color de pulpa y piel de los frutos se midieron con un colorímetro (Ci60, X-rite, EUA), los valores se expresaron en L\* (luminosidad), c\* (cromaticidad) y h\* (ángulo Hue) (García et al., 2011). Para la determinación de clorofila se cortaron 10 círculos de pulpa con un taladro de corcho (1.35 cm de diámetro), los círculos se congelaron y molieron en N líquido posteriormente se le añadieron 2 g de polvo a 10 mL de acetona al 85% que contenía 1% v/v de CaCO<sub>3</sub>, y la muestra se homogeneizó con un Polytron, 30 segundos a velocidad máxima (Thayer y Bjorkman, 1990). El extracto se centrifugó (3000 × g) y después se midió a medidas de densidades ópticas a 663, 652 y 645 nm. La clorofila se calculó usando fórmulas estándar (Arnon, 1949).

La firmeza se determinó con un texturómetro (Chatillon DFE-050, Ametek, EUA), equipado con un puntal cónico de 7 mm de diámetro, midiendo la fuerza necesaria para penetrar la pulpa en frutos enteros en los que se eliminó 1 cm del epicarpio en lados opuestos de la parte media, se reportaron los valores en Newtons (N). Para determinar la actividad enzimática de pectinmetilesterasa (APME) se realizó por el método de Ranganna (1979) en donde se preparó una solución al 1% de pectina en agua (2 g pectina en 150 mL de H<sub>2</sub>O) subsecuentemente el pH se ajustó a 4 a 40 °C con NaOH a 1 N y la solución se aforó a 200 mL. Se tomaron 20 mL de la solución de pectina y se colocaron en un vaso de precipitado en baño María y se mantuvo la temperatura a 40 °C. Posteriormente el potenciómetro se colocó en la solución y se agregó 0.8 mL de extracto enzimático y se inició a contar el tiempo. Durante el análisis el valor de pH se estuvo midiendo y titulando para que tuviera pH 4 con NaOH 0.01 N por 10 minutos a

temperatura de 40 °C. Después de 10 minutos el análisis se finalizó y se cuantificó la cantidad de NaOH gastado, los resultados se reportaron como meq/mL \* min.

La acidez titulable se determinó por el método volumétrico de la AOAC (1990), 10 g de pulpa licuada en 50 mL de agua destilada, se tomó una alícuota de 5 mL de la mezcla posteriormente se tituló con NaOH (0.1N), para la determinación de los sólidos solubles totales se siguió la metodología de la AOAC (1990), cinco gramos de fruta se colocaron en un cedazo y se exprimieron, colocando las gotas de jugo en el censor óptico de un refractómetro digital (30003, SPER SCIENTIFIC, USA), los resultados se expresaron en °Brix, la relación SST/AT se calculó al dividir los valores de los sólidos solubles totales (°Brix) entre el porcentaje de acidez titulable. Los azúcares totales se determinaron por la metodología descrita por Whithan et al., (1971), se pesó 1 g de pulpa y se cortó en trozos pequeños, se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 125 mL y se les adicionó 50 mL de etanol al 80% v/v, posteriormente se sometieron a ebullición 20 min. Después se colocaron 1 mL de la muestra en un vaso de precipitados de 10 mL y se dejó evaporar evitando la caramelización, posteriormente el sobrenadante se homogeneizó con 50 mL de agua destilada. De este homogenizado, se colocó 1 mL y se ajustó a 3 mL con agua destilada en tubos de fondo plano. A cada tubo con muestra se le agregaron 6 mL de la solución de Antrona al 0.4 % (0.4 g de Antrona en 100 mL de ácido sulfúrico) manteniendo los tubos en baño de hielo para bajar la temperatura al momento de la reacción. Una vez estando frío los tubos se enfrió en baño de hielo y se cuantificó su absorbancia a 600 nm. Se utilizó como blanco de referencia una solución de 3 mL de agua destilada más 6 mL de la solución de Antrona al 0.4 %. Para el cálculo de la concentración de azúcares totales se utilizaron una curva patrón de glucosa como referencia, reportando los resultados como g 100 g<sup>-1</sup>.

El contenido de ácido ascórbico se determinó con base al método 2,6 diclorofenol indofenol (AOAC, 1990). Para ello se tomaron 2 g de pulpa, y se homogeneizaron con 20 mL de ácido oxálico (5 %) y se tituló con la solución de Tillman hasta que el color rosa se hizo visible, los cálculos de ácido ascórbico se hicieron a partir de una solución estándar y se expresaron en mg 100 g<sup>-1</sup>.

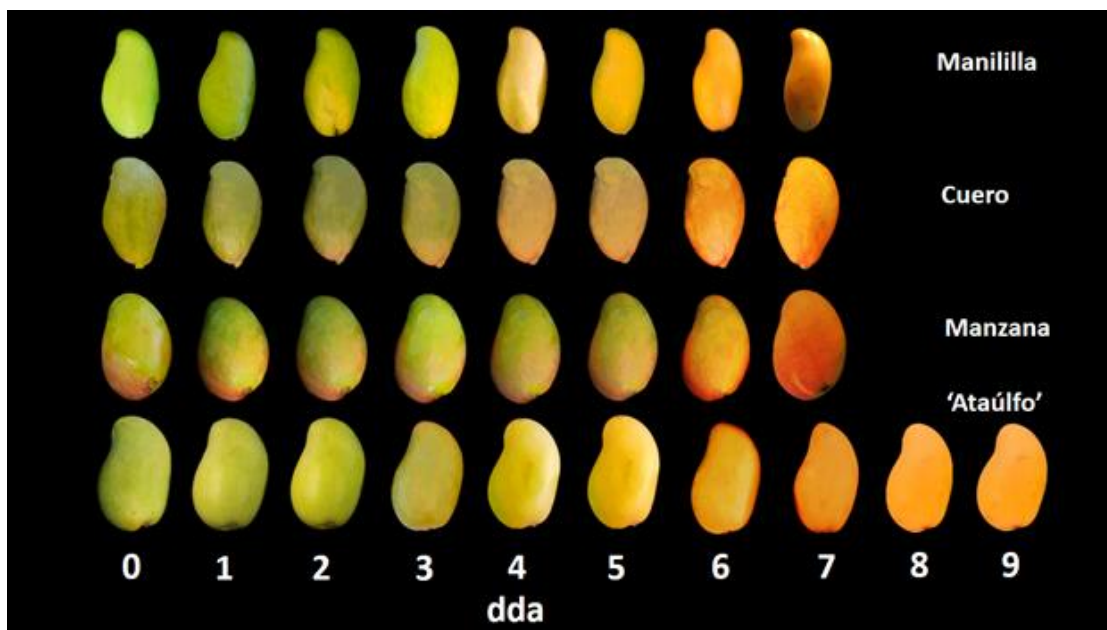


**Procesamiento y análisis de datos:** Los datos se expresaron como media  $\pm$  desviación estándar, se compararon mediante análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey; bajo un diseño completamente al azar el número de repeticiones dependió del número de frutos considerados para cada variable. El nivel de significancia estadística se estableció en  $P \leq 0.05$ . Los análisis de la varianza fueron realizados con la ayuda del software SAS® versión 9.0 (SAS Institute, Cary, NC, EE. UU.) y las gráficas con ayuda del software GraphPad Prism versión 7.0. Los datos de parámetros de calidad postcosecha de los genotipos para el día cero y seis de almacenamiento se sometieron a un análisis multivariado de componentes principales (PCA) y conglomerados jerárquicos, utilizando el software Rstudio versión 4.1.0. Para visualizar las diferencias en los parámetros de calidad postcosecha, se creó un mapa de calor con el paquete pheatmap de Rstudio versión 4.1.0.

## 1.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características físicas descriptivas de los frutos

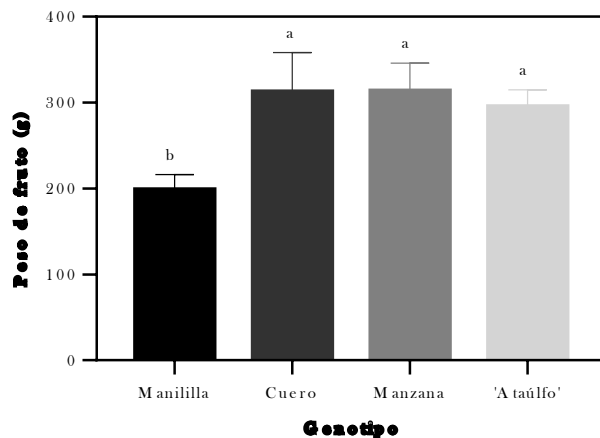
Manililla se caracterizó por ser un fruto pequeño de forma oblonga, hombros no tan pronunciados si lo comparamos con Manzana o 'Ataúlfo' pero con la curvatura del seno profunda y la espalda dorsal ligeramente encorvada. Los cambios de color muy notables desde la madurez fisiológica a la madurez de consumo en los genotipos. Cuero se caracterizó por ser un fruto de tamaño grande y de forma ovoide comprimido de los laterales, la espalda ventral y dorsal con curvatura pronunciada, la parte del seno no tan encorvada, pero con pronunciación del pico definida. Manzana mostró cambios de color muy pronunciados en los hombros, fruto de tamaño grande y de forma ovalada con base redonda presentó forma transversal elíptica ancha y cavidad peduncular pronunciada, en peso muy parecido a Cuero y la variedad 'Ataúlfo', mientras que 'Ataúlfo' de forma ovalada con seno de profundidad y cavidad peduncular media. Según la apariencia externa y los cambios posteriores a la cosecha, los genotipos alcanzaron la madurez de consumo a los seis días de almacenamiento (Figura 2). Las similitudes y diferencias entre los genotipos se pueden deber al área de producción, descendencia genética y expresión fenotípica al ambiente (Rey et al., 2007). Se ha encontrado que entre genotipos criollos y variedades comerciales ('Ataúlfo', 'Kent' y 'Tommy Atkins') producidos en el Soconusco Chiapas existe una similitud morfológica del 20 al 75 %, debido a que comparten algún progenitor en común además de indicar la presencia de recombinación genética (Gálvez-López et al., 2007).



**Figura 2.** Aspecto de color de la piel y características morfológicas de los genotipos de mango de acuerdo con los días de almacenamiento (dda).

### **Peso de fruto**

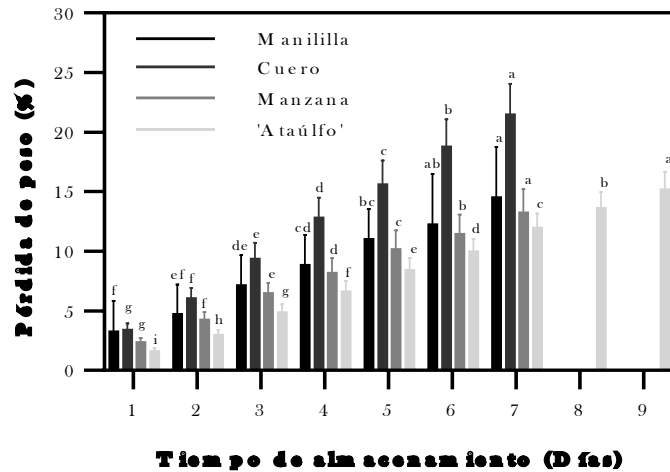
La NMX-FF-058-1999 clasifica los frutos de mangos en diferentes calibres; donde el calibre indica el número de frutos que se pueden colocar en un envase de (4.536 kg), equivalente a 10 libras de peso. De acuerdo a esta norma Manzana y Cuero se clasifican en el calibre catorce con un rango de peso de 305-349 g (Figura 3). La NOM-188-SCFI-2012 clasifica a estos frutos en el rango donde se encuentra 'Ataúlfo', como materiales de tamaño mediano con pesos de 250 a 323 g. Manililla se caracterizó como un fruto pequeño, esto de acuerdo con el CODEX STAN 184-1993 por lo mismo Manililla es óptimo para la comercialización en el calibre 20, pero no cumple con la demanda del mercado internacional donde las frutas apreciadas son de tamaño mediano (250 a 323 g) y grande de 600 g (Méndez et al., 2010). En tanto que en otros países como la India han hecho estudios sobre caracterización de frutos entre 20 g y 1300 g de peso; con el fin de mejoramiento genético debido a que en el futuro el mercado demandara frutos de bajo peso y tamaños más pequeños, así como también para descifrar las razones detrás de estas diferencias en pesos (Kulkarni et al., 2019).



**Figura 3.** Peso de fruto de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas. Las barras verticales indican desviación estándar. n=30. Diferentes letras indican una diferencia significativa entre los pesos (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) de cada genotipo de mango.

### Pérdida de peso

Pérdidas de peso de 3 a 6% reducen la calidad de frutos de 'Tommy Atkins', variedad con peso de 400 a 600 g (Souza et al., 2011). En este estudio los genotipos presentaron pérdidas de peso promedio de 2.1 % que se encuentran por debajo de este intervalo. Cuero presentó mayor pérdida con 3 % promedio por día, seguido por Manililla con 2 % promedio, a los seis días de almacenamiento con diferencias estadísticas. Mientras que los frutos de Manzana fueron semejantes a 'Ataúlfo'; en promedio perdieron 1.7 % por día. En frutos de genotipos 'Chokanan', 'Golden phoenix' y 'Water lily' variedades de Malaca, de Malasia reportan pérdidas promedio de 1.12 % (Lawson et al., 2019), similares al porcentaje de Manzana y 'Ataúlfo' (Figura 4). En mango, la pérdida de agua se realiza a través de estomas y lenticelas, por lo que la variabilidad entre especies, variedades, etapa de maduración y condiciones de almacenamiento pueden afectar esta variable (Brecht y Yahia, 2009).



**Figura 4.** Pérdida de peso de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, durante los días de almacenamiento. Las barras verticales indican la desviación estándar. n=20. Diferentes letras indican una diferencia significativa entre los días de almacenamiento (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) para cada genotipo de mango.

### Relación pulpa/semilla/epidermis

En promedio los materiales evaluados presentaron 77.5 % de su peso en pulpa y lo restante corresponde a epidermis y semilla (Cuadro 1). Presentando porcentaje similar a los cultivares 'Gaylour' producido en Hawaii y 'Ah ping' producido en Egipto, con pesos de 500 y 348 g, con porcentaje de pulpa entre 60 y 90 % de su peso total (Saucu y Lu, 2018). En cuanto a epidermis y semillas los valores fueron bajos (20 % - 25 %) comparado con valores de 'Haden', 'Tommy atkins' con pesos de 400 a 600 g y tienen en promedio 40 % de su peso total entre semilla y epidermis (Vega-Vega et al., 2013).

**Cuadro 1.** Composición en base húmeda de pulpa, semilla y epidermis en frutos de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, en el día cero y seis de almacenamiento (20 °C y 75% HR).

Genotipo/días de almacenamiento	Pulpa (%)		Semilla (%)		Epidermis (%)	
	0	6	0	6	0	6
Manililla	79.4 ± 2.6 a	71.7 ± 2.5 b	13.6 ± 1.5 a	18.4 ± 2.2 a	6.9 ± 1.4 c	8.9 ± 0.3 a
Cuero	78.5 ± 4.1 a	74.1 ± 0.8 b	13.4 ± 3.9 a	15.8 ± 3.2 ab	7.5 ± 1.1 bc	8.5 ± 0.5 a
Manzana	74.2 ± 3.5 a	80.4 ± 3.2 a	12.1 ± 1.4 a	12.0 ± 3.4 bc	13.5 ± 4.4 a	7.4 ± 0.2 a
'Ataúlfo'	77.8 ± 6.6 a	84.1 ± 2.2 a	9.4 ± 5.7 a	7.7 ± 2.0 c	12.7 ± 1.2 ab	8.0 ± 2.7 a

Valores con diferente letra en cada columna indican diferencias estadísticamente significativas entre genotipos (Tukey,  $P \leq 0.05$ ). n=8 ± desviación estándar.

### Humedad y materia seca

En promedio los genotipos presentaron 82.45 % de humedad similar a lo que reportan Zuluaga et al., (2010) en 'Tommy Atkins' (85.48 %). Manzana presentó 18 % más contenido de materia seca; siendo diferente estadísticamente a los genotipos ( $P \leq 0.05$ ) en el día cero (Cuadro 2). Frutos con alto contenido de materia seca tienden a mayor peso específico y pueden presentar mayor contenido de ácidos orgánicos, que constituye otro indicador de calidad (Famiani et al., 2012).

**Cuadro 2.** Porcentaje de humedad y materia seca en frutos de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, en el día cero y seis de almacenamiento a una temperatura de 20 °C y 75% HR.

Genotipo/días de almacenamiento	Humedad (%)		Materia seca (%)	
	0	6	0	6
Manililla	83.7 ± 2.4 a	81.3 ± 4.5 a	16.2 ± 2.4 b	18.6 ± 4.5 a
Cuero	83.2 ± 1.8 a	76.1 ± 6.0 a	16.7 ± 1.8 b	23.8 ± 6.0 a
Manzana	79.7 ± 1.2 b	74.8 ± 6.1 a	20.2 ± 1.2 a	25.1 ± 6.1 a
'Ataúlfo'	83.2 ± 2.5 a	80.3 ± 2.0 a	16.7 ± 2.5 b	19.6 ± 2.0 a

Valores con diferente letra en cada columna indican diferencias estadísticamente significativas entre genotipos (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).  $n=8 \pm$  desviación estándar.

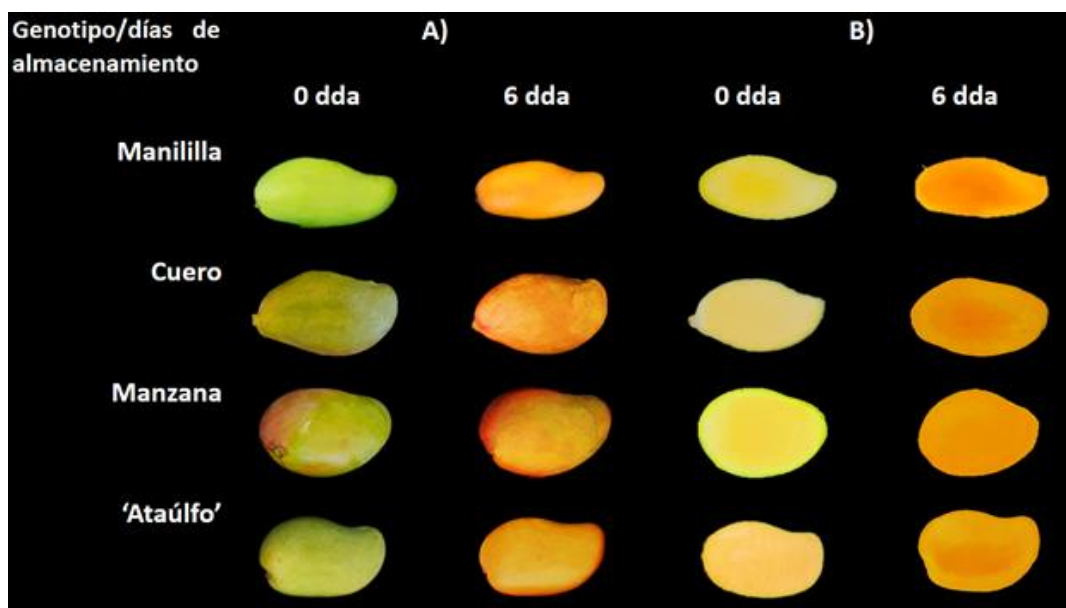
### Color de epidermis

La epidermis de los genotipos se percibió más vistosa durante la madurez de consumo, presentando color amarillo intenso (Figura 5). Manililla y Cuero disminuyeron en mayor medida en tono ángulo Hue para el día seis de almacenamiento, sin embargo, Manzana presentó matices rojos en los hombros y su epidermis era más llamativa; valores semejantes al ángulo Hue en Manzana se encuentran en cultivares comerciales como 'Edward', 'Kent', 'Osteen' y 'Fábian' (79, 83, 82 y 80 h\*), respectivamente. Estos valores de Hue los caracteriza por desarrollar tonalidades de color anaranjadas, amarillas y rojas en la epidermis (Siller-Cepeda et al., 2009). Manililla y 'Ataúlfo' presentaron valores más altos de cromaticidad y luminosidad en el día seis de almacenamiento, presentando la epidermis más tenue (Cuadro 3). El color de epidermis y pulpa tiene potencial para su explotación comercial si se dirige hacia mercados específicos, por ejemplo, en Asia prefieren mangos con piel roja o amarilla (Human y Rheder, 2004); mientras que en Europa y EUA prefieren mangos amarillos con matices rojos (Ramos, 2000). El mercado demanda frutas con colores rojo o amarillos-anaranjado debido a que presentan alta capacidad antioxidante, tienen un papel protector ante distintas enfermedades, además de ser ricos en carotenoides, concretamente  $\beta$ carotenos, precursores de la vitamina A (Robles-Sánchez et al., 2009).

**Cuadro 3.** Cambios en color de epidermis de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) procedentes del Soconusco, Chiapas, a los cero y seis días de almacenamiento (20 °C y 75% HR).

Genotipo	L*		c*		h*	
	0	6	0	6	0	6
Manililla	60.3 ± 7.0 a	65.1 ± 2.8 a	42.7 ± 1.3 ab	55.6 ± 1.8 a	105.0 ± 2.1 a	74.4 ± 2.7 a
Cuero	50.3 ± 4.2 b	52.2 ± 5.0 b	31.9 ± 5.7 c	40.7 ± 5.6 b	96.8 ± 3.0 b	64.5 ± 7.5 b
Manzana	53.1 ± 3.0 b	56.3 ± 9.2 b	38.9 ± 2.9 b	46.5 ± 18.7 ab	103.2 ± 4.1 a	81.0 ± 7.1 a
'Ataúlfo'	61.3 ± 4.9 a	68.2 ± 2.0 a	44.9 ± 3.8 a	57.0 ± 4.3 a	97.1 ± 1.6 b	75.1 ± 1.9 a

Valores con diferente letra indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) de cada genotipo de mango.  $n=8 \pm$  desviación estándar.



**Figura 5.** Color de **A)** epidermis y **B)** pulpa de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, al día 0 y 6 de almacenamiento.



## Color de pulpa

Para el día seis de almacenamiento los genotipos presentaron matiz amarillo-anaranjado en la pulpa haciéndola más llamativa (Figura 5); no se presentaron diferencias estadísticas en el día seis de almacenamiento para el tono ángulo Hue; sin embargo, Manililla y Cuero presentaron mayor disminución haciendo su pulpa más llamativa. La cromaticidad aumentó independientemente del genotipo, siendo Cuero el que presentó el valor más alto ( $70.6 \pm 5.8$ ), visualmente se distinguía mejor el matiz amarillo-anaranjado. Cuero y Manililla en luminosidad para el día seis de almacenamiento presentaron valores más bajos y la pulpa se visualizaba más oscura a diferencia de Manzana y 'Ataúlfo' (Cuadro 4) y sus valores están en línea con lo encontrado en el cultivar 'Alphonso' ( $56 L^*$ ) en madurez de consumo (Nambi et al., 2016).

**Cuadro 4.** Valores de color de la pulpa de frutos en cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, al día cero y seis de almacenamiento a 20 °C y 75% HR.

Genotipo	L*		c*		h*	
	0	6	0	6	0	6
Manililla	71.9 ± 9.0 c	51.8 ± 2.9 b	54.3 ± 2.14 ab	65.1 ± 3.6 b	81.6 ± 6.3 ab	68.2 ± 2.5 a
Cuero	80.9 ± 0.9 a	54.4 ± 4.3 b	52.4 ± 2.3 ab	70.6 ± 5.8 a	85.8 ± 1.7 a	70.7 ± 2.8 a
Manzana	73.1 ± 2.5 bc	66.6 ± 6.2 a	57.2 ± 8.1 a	67.2 ± 3.3 ab	79.1 ± 2.5 b	69.4 ± 5.4 a
'Ataúlfo'	78.9 ± 1.2 ab	66.4 ± 3.0 a	49.3 ± 4.2 b	65.6 ± 1.0 ab	83.5 ± 2.3 ab	71.2 ± 1.2 a

Valores con diferente letra indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) de cada genotipo de mango.  $n=8 \pm$  desviación estándar.

## Clorofila en pulpa

La degradación de la clorofila está asociada a la acción enzimática de la clorofilasa, clorofila oxidasa y peroxidasa; esta degradación que hace los cambios en la pigmentación facilitando la discriminación visual de las frutas en los estados de

maduración (Jain et al., 2003). Manililla degradó 50 % de clorofila y es el que menos se degradó, 'Ataúlfo' tiene mayor contenido que este, pero la degradación es mayor (75 %) (Cuadro 5). Kienzle et al., (2012), reportaron 1 mg 100 g<sup>-1</sup> de clorofila en pulpa en el cultivar de Tailandia 'Nam Dokmai# 4' en madurez fisiológica y en madurez de consumo 0.8 mg 100 g<sup>-1</sup>, degradó 20 % a los diez días de almacenamiento, la degradación es baja en 'Nam Dokmai# 4' comparada con la degradación en los genotipos. Estas diferencias se pueden deber por factores como la temperatura, pH, acción enzimática, oxígeno, luz, etileno que regula al alza la síntesis de novo de la enzima clorofilasa o la ubicación de los frutos dentro del dosel del árbol (Choo, 2018).

**Cuadro 5.** Contenido de clorofila en pulpa de frutos de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, en el día cero y seis de almacenamiento (20 °C y 75% HR).

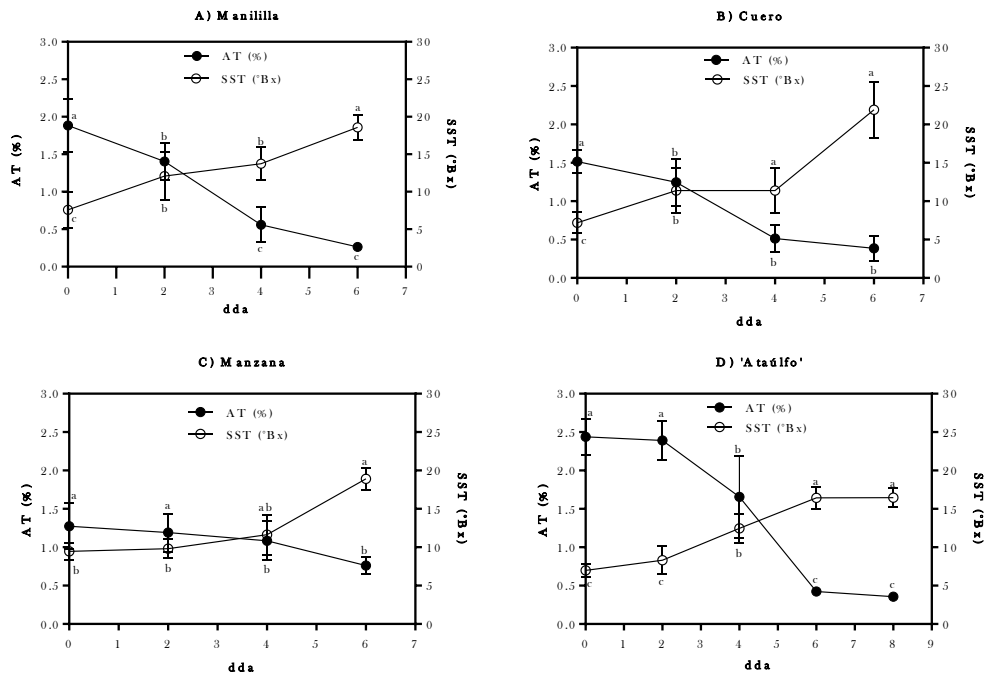
Genotipo/días de almacenamiento	Clorofila mg 100 g <sup>-1</sup>	
	0	6
Manililla	0.6 ± 0.4 c	0.3 ± 0.1 b
Cuero	1.3 ± 0.5 bc	0.4 ± 0.1 b
Manzana	1.8 ± 0.8 ab	0.6 ± 0.1 a
'Ataúlfo'	2.8 ± 0.9 a	0.7 ± 0.09 a

Valores con diferente letra indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) de cada genotipo de mango. n=8 ± desviación estándar.

### **Sólidos solubles totales (SST) y Acidez titulable (AT)**

La NMX-FF-058-SCFI-2006 8/20 para 'Ataúlfo' menciona un mínimo aceptable de 2.9 °Bx en madurez fisiológica. Respecto a esta norma los genotipos cumplen con el requerimiento; se obtuvo en promedio 7.7 °Bx en madurez fisiológica. Manililla incrementó 58 % de SST durante el almacenamiento mientras que disminuyó 86 % de AT (Figura 6A), este genotipo en porcentaje de aumento de SST y degradación de AT fue semejante a la variedad 'Ataúlfo' (Figura 6D). Cuero, incrementó 67.5 % y fue el que mayor incremento de SST presentó y disminuyó 74.8 % del contenido de acidez (Figura 6B). Manzana no tuvo diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) en los primeros días y fue el que menos incremento presentó de SST con 50.2 %, en cuanto a los valores de AT fue el que menos disminuyó su contenido (40 %) (Figura 6C). Los genotipos

estudiados cumplen a los valores de 10 a 20 °Brix de SST para mangos maduros de exportación (Mitcham, 2012), a excepción de ‘Cuero’ que presentó 21.9 °Bx. En cultivares de la India (‘Alphonso’ y ‘Banganapalli’) han reportado valores de SST de 19.3 y 16.5 °Bx y AT de 0.3 y 0.1 % en madurez de consumo (Nambi et al., 2015), valores que se encuentran en línea con los genotipos estudiados.



**Figura 6.** Cambios en la acidez titulable y sólidos solubles totales de frutos en cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, **A)** Maniilla, **B)** Cuero, **C)** Manzana y **D)** ‘Ataúlfo’, durante el almacenamiento (dda) (20 °C y 75% HR). Valores con diferente letra indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) cada genotipo de mango.  $n=8 \pm$  desviación estándar. AT, Acidez titulable; SST, Sólidos solubles totales.

### Relación SST/AT

Maniilla, Cuero y ‘Ataúlfo’ en el día cero no presentaron diferencias estadísticas, sin embargo, en el día seis de almacenamiento los frutos de Cuero y Maniilla presentaron 28 % más en cuanto a la relación SST/AT que Manzana y ‘Ataúlfo’ que presentaron en promedio 32 % (Cuadro 6); valor similar a los que han reportado para ‘Ataúlfo’ y ‘Haden’ (33.64, 23.71 %), respectivamente (Siller-Cepeda et al., 2009).

**Cuadro 6.** Relación sólidos solubles totales/acidez titulable (SST/AT) en frutos de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, en el día cero y seis de almacenamiento (20 °C y 75% HR).

Genotipo/días de almacenamiento	Relación SST/AT	
	0	6
Manililla	4.4 ± 2.5 b	71.1 ± 11.1 a
Cuero	4.8 ± 1.1 b	62.6 ± 18.5 a
Manzana	7.7 ± 1.5 a	25.5 ± 5.4 b
'Ataúlfo'	2.8 ± 0.4 b	39.1 ± 5.1 b

Valores con diferente letra indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) cada genotipo de mango.  $n=8 \pm$  desviación estándar.

### Azúcares totales

La sacarosa es el azúcar predominante en los frutos de mango, más de 70 %, mientras la proporción restante corresponde a fructosa y glucosa (Villamizar et al., 2019). El perfil de azúcares juega un papel determinante en el sabor del fruto, siendo uno de los rasgos de calidad más importantes percibidos por los consumidores (Cirilli et al., 2016). Al día seis de almacenamiento no se presentaron diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los genotipos. Sin embargo, Manililla, Cuero y 'Ataúlfo' en promedio fueron los que más incrementaron su contenido en un 85 % a diferencia de Manzana que incrementó 68 % y fue el que mayor contenido de azúcares presentó (Cuadro 7), el contenido de azúcares en los genotipos es alto comparado al cultivar 'Nam Dokmai' de Tailandia; que en madurez fisiológica y de consumo presentó 8 y 15 g 100 g<sup>-1</sup> (Janave y Sharma, 2006).

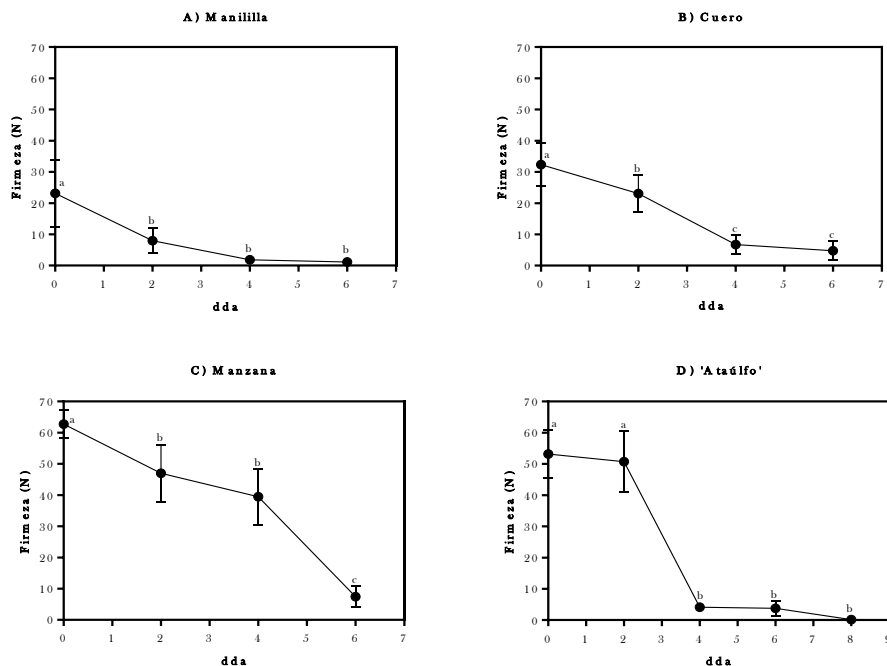
**Cuadro 7.** Azúcares totales de frutos en cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, en el día cero y seis de almacenamiento (20 °C y 75% HR).

Genotipo/días de almacenamiento	Azúcares totales g 100 g <sup>-1</sup>	
	0	6
Manililla	5.6 ± 3.9 b	25.0 ± 7.0 a
Cuero	4.0 ± 1.1 bc	27.2 ± 7.5 a
Manzana	9.6 ± 1.8 a	30.3 ± 8.7 a
'Ataúlfo'	1.8 ± 1.0 c	24.6 ± 3.2 a

Valores con diferente letra indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) de cada genotipo de mango. n=8 ± desviación estándar.

### Firmeza

La firmeza es una variable considerada como uno de los principales atributos de calidad del fruto y es relevante debido a que por situaciones cuarentenarias los frutos se tienen que someter a tratamiento hidrotérmico. Se ha reportado que este tratamiento provoca una pérdida de 50 % en la firmeza de frutos de la variedad 'Ataúlfo' (Esquivel et al., 2006). Manililla y Cuero (Figura 7A y B) presentaron 50 % menos firmeza que Manzana (Figura 7C) el cual preservó mayor firmeza que 'Ataúlfo' (Figura 7D) durante el almacenamiento. Las diferencias entre la firmeza se pueden deber a las características morfológicas entre genotipos (Barbosa-Martínez et al., 2009).

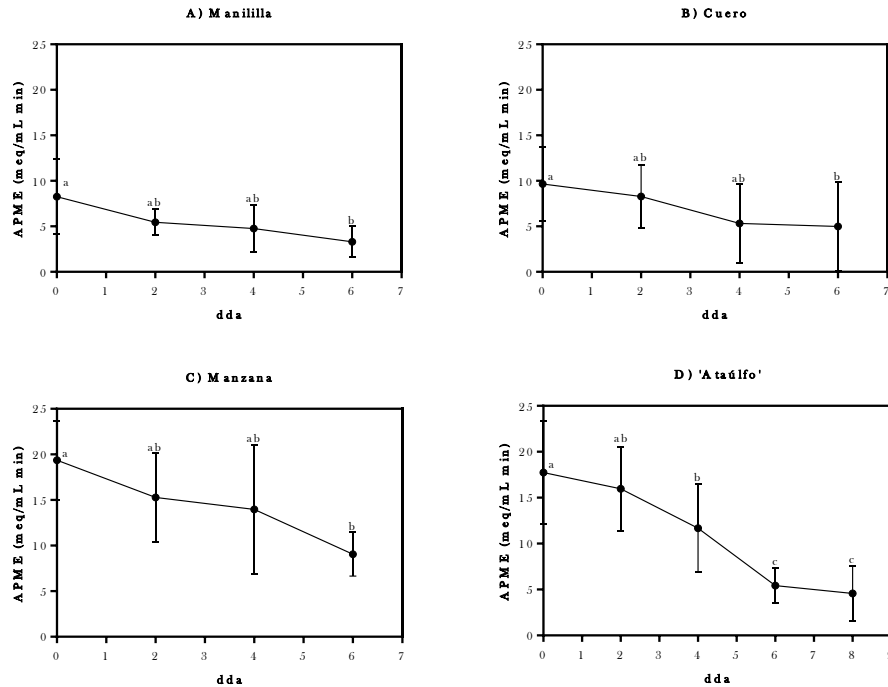


**Figura 7.** Cambios en firmeza de pulpa en frutos de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, **A)** Maniñilla, **B)** Cuero, **C)** Manzana y **D)** 'Ataúlfo', durante el almacenamiento (dda) (20 °C y 75% HR). Valores con diferente letra indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) de cada genotipo de mango.  $n=8 \pm$  desviación estándar.

### Actividad enzimática pectinmetilesterasa (APME)

La PME degrada la pared celular y se asocia principalmente con la maduración de los frutos y cambios en la firmeza (Khaliq et al., 2017). Debido a que cataliza la hidrólisis de metil ésteres del C-6 de residuos de ácido galacturónico, lo cual genera la desmetilación de las pectinas incrementando la susceptibilidad de los polímeros pécticos a la degradación por enzimas como poligalacturonasa (PG). La APME y la firmeza muestran tendencia similar ya que disminuyen al avanzar la maduración (Rodríguez-Félix et al., 2011). Se observó que la mayor APME precede a la caída de la firmeza en los genotipos (Figura 8). Maniñilla y Cuero presentaron valores de firmeza bajo, si se compara con Manzana y 'Ataúlfo' los cuales tuvieron una reducción de actividad enzimática de 53.27% y 74.2 %, lo que se atribuye a sus valores altos de firmeza (62 y 53 N), respectivamente. Los genotipos en promedio tuvieron 13.7 meq/mL \* min de

actividad de PME, estos valores de actividad de PME son altos comparados a los reportados para la variedad de mango 'Keitt' que presentó 4.5 meq/mL \* min al inicio de almacenamiento (Díaz et al., 2016).



**Figura 8.** Actividad enzimática de pectinmetilesterasa (APME) de frutos en cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, **A)** Maniñilla, **B)** Cuero, **C)** Manzana y **D)** 'Ataúlfo', durante los días de almacenamiento (dda) a una temperatura de 20 °C y 75% HR. Valores con diferente letra indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) cada genotipo de mango.  $n=8 \pm$  desviación estándar.

## Ácido ascórbico

La vitamina C es inestable y lábil debido a que se ve influenciada por la luz, el oxígeno, la actividad de agua, la temperatura, el pH, el azúcar, las enzimas, los catalizadores metálicos, la concentración inicial del ácido y la relación ácido ascórbico-ácido dehidroascórbico (Ordóñez-Santos y Yoshioka-Tamayo, 2012). El contenido de ácido ascórbico en pulpa de mango fluctúa de 9.79 a 186 mg 100 g<sup>-1</sup> (USDA, 2018). Manthey y Perkins-Veazie (2009) reportaron contenidos entre 19.3 y 125.4 mg 100 g<sup>-1</sup> de pulpa, siendo sobresaliente 'Ataúlfo', sin embargo 'Ataúlfo' degrada más rápido el ácido ascórbico conforme a los días de almacenamiento, pierde hasta el 60% de su

contenido (Esquivel et al., 2006). En este estudio Manililla es el que menos contenido presentó durante el almacenamiento; sin embargo, es el más estable degradó solo el 15 %. Cuero tiene mayor contenido y después de Manililla es el que menos degrada (20 %). Comparado con Manzana y ‘Ataúlfo’ que en promedio degradan 31 % de su contenido (Cuadro 8). Los genotipos de este estudio presentaron menor índice de degradación en comparación con cultivares de mango Keitt, Sensation y Xiangya de China, donde se observó disminución durante la madurez fisiológica a madurez de consumo (Keitt 163.94 a 46.87 mg 100 g<sup>-1</sup>, Sensation 176.03 a 29.34 mg 100 g<sup>-1</sup> y Xiangya 160.35 a 30.84 mg 100 g<sup>-1</sup>), presentando altos porcentajes de degradación (71%, 83% y 80%), respectivamente (Hu et al., 2018). Los niveles de degradación de vitamina C también se han explicado en función de la coenzima para la ACC-oxidasa involucrada para la síntesis de etileno, o como sustrato para la biosíntesis de oxalato y tartrato (Mazid et al., 2011). Se podría decir que 100 g de pulpa de los genotipos estudiados aporta más ácido ascórbico que 100 mL de zumo de mandarina (*Citrus reshni*) en estado maduro (16.1 mg 100 mL<sup>-1</sup>) (Domínguez y Ordoñez, 2018).

**Cuadro 8.** Ácido ascórbico de frutos en cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, en el día cero y seis de almacenamiento (20 °C y 75% HR).

Genotipo/días de almacenamiento	Ácido ascórbico mg 100 g <sup>-1</sup>	
	0	6
Manililla	32.8 ± 3.0 d	27.8 ± 5.64 c
Cuero	81.4 ± 7.4 a	64.9 ± 10.0 a
Manzana	48.9 ± 6.5 c	32.4 ± 4.30 c
‘Ataúlfo’	61.4 ± 8.0 b	43.9 ± 11.0 b

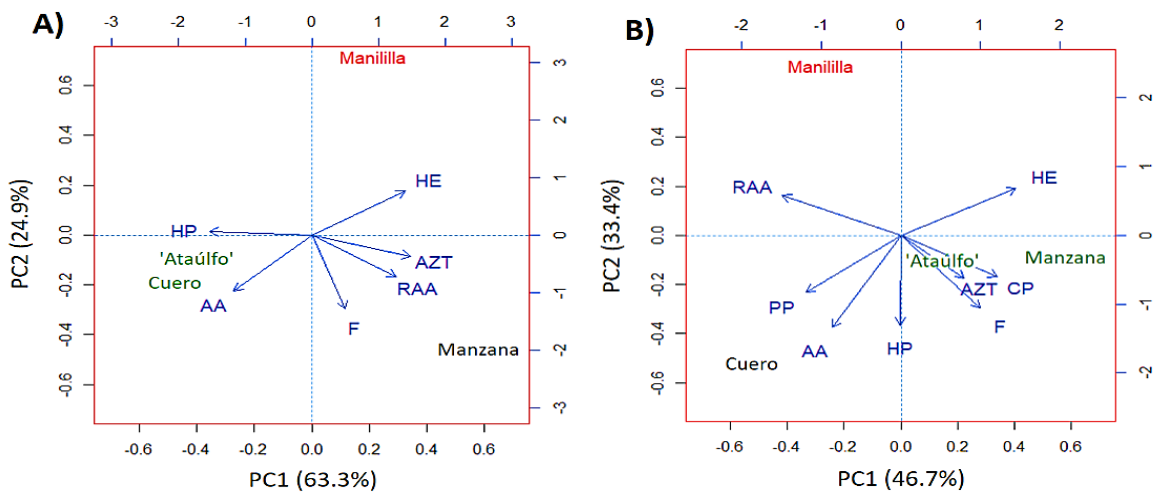
Valores con diferente letra indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey, P ≤ 0.05) cada genotipo de mango. n=8 ± desviación estándar.

### Análisis de componentes principales

Para el día cero de almacenamiento el primer componente principal (PC1) explicó el 63.3% de la varianza total y el PC2 explicó el 24.9%, sumando el 88.2%. Se formaron tres grupos; el grupo I Cuero y ‘Ataúlfo’, presentan mayor h\* en pulpa, mayor contenido de ácido ascórbico siendo los parámetros de contribución negativa del PC1 y PC2. El



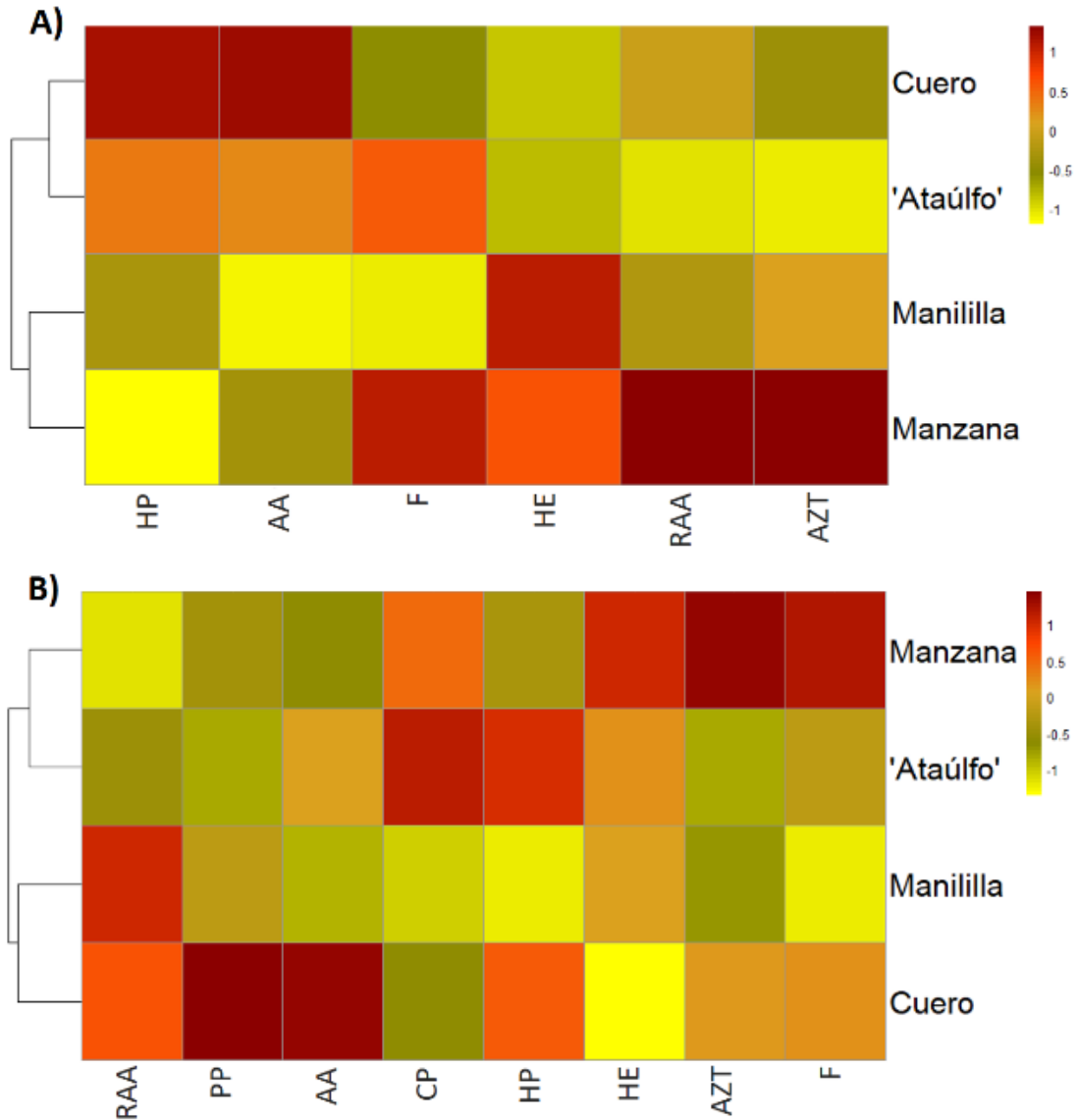
grupo II Maniilla, caracterizado por mayor  $h^*$  en epidermis y el grupo III Manzana, se caracteriza por tener mayor contenido de azúcares totales, mayor relación SST/AT y mayor firmeza (Figura 9A). Para el día seis de almacenamiento el PC1 explicó 46.7% de la varianza total y el PC2 explicó 33.4%; sumando el 80.1%. Se formaron tres grupos. Grupo I Manzana y 'Ataúlfo', los define los extremos en contenido de azúcares totales, mayor contenido de pulpa y mayor  $h^*$  en epidermis. Grupo II Maniilla, se caracteriza por mayor relación SST/AT y menor firmeza. Grupo III Cuero, presenta mayor pérdida de peso y mayor contenido de ácido ascórbico (Figura 9B). De acuerdo con lo obtenido los frutos de Manzana son más similar a la variedad en cuanto a los parámetros de calidad tomados en cuenta, sin embargo, Maniilla y Cuero presentan características sobresalientes como mayor relación SST/AT y mayor contenido de ácido ascórbico. La diversidad genética de estos genotipos ofrece varias oportunidades para utilizar estos recursos genéticos para aplicar tecnologías y manipular rasgos deseables. En países como la India la constante valuación de la variación genética dentro de poblaciones locales es crucial para la conservación y explotación efectivas de recursos genéticos para los programas de mejoramiento de cultivos (Bora et al., 2017).



**Figura 9.** Análisis de componentes principales de parámetros de calidad postcosecha de frutos en cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas. **A)** Día cero de almacenamiento, **B)** Día seis de almacenamiento. (CP, Contenido de pulpa; F, Firmeza; PP, Pérdida de peso; HE,  $h^*$  epidermis; HP,  $h^*$  pulpa; RAA, Relación sólidos solubles totales/acidez titulable; AZT, Azúcares totales; AA, Ácido ascórbico). El color de los genotipos representa agrupamiento, Verde: Grupo I; Rojo: Grupo II; Negro: Grupo III.

## **Análisis de conglomerados jerárquicos**

En el día cero de almacenamiento se formaron grupos, a una distancia euclidiana de 0.10. El grupo I Cuero y 'Ataúlfo', presentan mayor  $h^*$  en pulpa, menor  $h^*$  en epidermis menor contenido de azúcares totales y mayor contenido de ácido ascórbico. El grupo II Manililla, tiene mayor  $h^*$  en epidermis y menor firmeza, así como menor contenido de ácido ascórbico. El grupo III Manzana, con menor  $h^*$  en pulpa, mayor relación SST/AT, mayor contenido de azúcares totales y mayor firmeza (Figura 10A). El agrupamiento para el día seis, se observa en la (Figura 10B). Grupo I Manzana y 'Ataúlfo', caracterizado por presentar menor pérdida de peso, mayor contenido de pulpa, mayor  $h^*$  en epidermis y menor relación SST/AT. Grupo II Manililla, se caracteriza por tener menor contenido de pulpa, menor  $h^*$  en pulpa, mayor relación SST/AT, menor firmeza y menor contenido de ácido ascórbico. Grupo III, Cuero presenta mayor pérdida de peso y mayor contenido de ácido ascórbico. En el mapa de calor se observan las diferencias entre los genotipos, así como la semejanza en cuanto a los parámetros de calidad. Los rasgos de calidad pueden variar de vez en cuando y de región a región, ya que el rendimiento y la calidad de la fruta se ve favorecida dependiendo de la condiciones ambientales favorables y expresión de los genes responsables de los rasgos deseados (Bora et al., 2017).



**Figura 10.** Agrupamiento y mapa de calor de frutos de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas. Basados en los parámetros de calidad postcosecha. **A)** Día cero de almacenamiento, **B)** Día seis de almacenamiento. (CP, Contenido de pulpa; F, Firmeza; PP, Pérdida de peso; HE, h\* epidermis; HP, h\* pulpa; RAA, Relación sólidos solubles totales/acidez titulable; AZT, Azúcares totales; AA, Ácido ascórbico).

## 1.5. CONCLUSIONES

Los genotipos criollos poseen características genéticas sobresalientes que pueden ser útiles para mejoramiento genético. Los frutos de Manzana son similares a los de 'Ataúlfo' en cuanto a la firmeza en el día cero de almacenamiento, además de presentar menor pérdida de peso y mayor contenido de pulpa en el día seis de almacenamiento. Sin embargo, su tonalidad en la epidermis y pulpa es más llamativo al igual que los frutos de Cuero. Los frutos de Manililla presentan menor contenido de pulpa y menor firmeza sin embargo tienen mayor relación SST/AT (71.1 %) que 'Ataúlfo' (39.1 %). Finalmente, los frutos de Cuero tuvieron 32 % más contenido de ácido ascórbico que 'Ataúlfo' y presentaron la mayor pérdida de peso (3 % por día en promedio).

## CAPITULO II. EFECTO DE AMINOETOXIVINILGLICINA (AVG) EN LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD POSTCOSECHA DE FRUTOS DE DIFERENTES GENOTIPOS DE MANGO

### 2.1. RESUMEN

**Introducción.** El mango (*Mangifera indica* L.) es un fruto climatérico; la aceleración de los cambios relacionados con la maduración, lo hace un fruto perecedero. En la región Soconusco, Chiapas existen genotipos que presentan características importantes de aprovechamiento en un programa de mejoramiento genético. **Objetivo:** Conocer la respuesta al inhibidor de etileno aminoetoxivinilglicina (AVG) de las características postcosecha de los genotipos criollos Manililla, Cuero y Manzana y compararlos con la variedad 'Ataúlfo'. **Métodos:** De enero a abril de 2021, se realizó la cosecha (130 frutos) de tres árboles por genotipo, en el Soconusco, Chiapas, México. Se hizo una selección de frutos y se formaron dos lotes (control/AVG 200 mg L<sup>-1</sup>). Los frutos se trataron con solución AVG 200 mg L<sup>-1</sup> ReTain® (Valent BioScience Corp. Libertyville, USA) por el método de inmersión. Se realizaron análisis de varianza y análisis multivariado con base a los parámetros de calidad en el día cero y seis de almacenamiento. **Resultados:** El tratamiento con AVG prolongo un día la vida de anaquel de los genotipos. De acuerdo al análisis multivariado de los parámetros de calidad, para el día seis de almacenamiento se formaron tres grupos. El grupo I, frutos de Manzana y 'Ataúlfo' presentan menor pérdida de peso, mayor contenido de pulpa, mayor capacidad antioxidante y menor contenido de ácido ascórbico. El grupo II, frutos de Manililla presenta menor h\* en pulpa, mayor relación SST/AT, menor firmeza y capacidad antioxidante. En el grupo III, frutos de Cuero presentan mayor pérdida de peso, mayor h\* en pulpa y epidermis, mayor contenido de azúcares totales, mayor contenido de ácido ascórbico - fenoles totales y menor contenido de pulpa. El contenido de flavonoides y ácido fenólicos en la epidermis vario durante el almacenamiento, sobresaliendo en contenido Manililla y 'Ataúlfo'. **Conclusiones:** El inhibidor de etileno no juega un papel importante en las características de calidad de los frutos de mango y que Manzana es similar a la variedad 'Ataúlfo'.

**Palabras claves:** Recursos fitogenéticos; inhibidor de etileno, biosíntesis.

## 2.2. INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica* L.) es uno de los frutos más apetecidos mundialmente para consumo en fresco, por su delicioso sabor y su alto valor nutritivo (Chiumarelli et al. 2011). La maduración del fruto al ser un fruto climatérico, es regulada por etileno y caracterizado por la degradación de la clorofila, acumulación de carotenoides, ablandamiento y cambios en el aroma y otras propiedades (Candir et al., 2017). La vida poscosecha del fruto es limitada por la rápida aceleración de los cambios relacionados con la maduración, lo que lo hace un fruto perecedero (Zhang et al., 2017). La madurez organoléptica o de consumo la adquiere después de cosechado, entre los días seis y diez, en función de la variedad y del medio de almacenamiento, en este periodo presenta su principal pico respiratorio, además de aumentar su tasa de producción de etileno lo que conlleva a la cascada de cambios y senescencia (Pérez et al., 2004).

Frente a la alta perecibilidad del mango y a que el consumo de mango fresco en el mundo está aumentando ya que de 2004 a 2013 presentó una tasa de crecimiento 4.24% en EUA y el consumo pasó de 0.92 kg a 1.31 kg; es decir un consumo per capita de 1.31 kg (USDA/ERS, 2014); por lo que es necesario la aplicación de herramientas de manejo poscosecha adecuadas, para inhibir y contrarestar y/o retrasar el inicio de la producción de etileno para extender el período de poscosecha del fruto (Candir et al., 2017), además de preservar la calidad de la fruta producida que permita mantener y abrir nuevos mercados (Carrera et al., 2009).

La aminoetoxivinilglicina (AVG) es un aminoácido natural que suprime la biosíntesis de etileno en los tejidos vegetales debido a que bloquea la acción de la enzima ACC sintasa, mediante la unión al sustrato (fosfato de piridoxal: PLP). Al inhibir la actividad de la ACC sintasa, se pueden retrasar los procesos de maduración mediados por etileno (Jobling et al., 2003).

El regulador de crecimiento vegetal ReTain® (Valent BioScience Corp. Libertyville, USA) es un producto comercial que contiene 15% p/p de AVG, se ha reportado su

aplicación en precosecha y postcosecha de manzanas (*Malus domestica*), peras (*Pyrus communis*), melocotones (*Prunus persica* L.) y nectarinas (*Prunus pérsica* var. nectarina) en variós países para retrasar la madurez de la fruta, mejorar la gestión de la cosecha, reducir la caída de la fruta antes de la cosecha, además de mantener la firmeza de la fruta y mejorar la vida de anaquel (Rath y Prentice, 2004). El tratamiento con AVG por inmersión en postcosecha en manzana (*M. domestica*) (Fadhil y Al-Bamarny, 2009) y pera (*Pyrus communis*) (Tarabih, 2014) aumentaron la vida de anaquel, en frutos de manzana (*M. domestica*) tratados con 1000 mg L<sup>-1</sup> se prolongó la vida de anaquel de tres a seis meses de almacenamiento y en pera (*P. communis*) con 200 ppm se prolongó la vida de anaquel de 30 a 90 días. Dal Cin et al., (2008) reportaron que 4.5 % de AVG en precosecha retardo el cambio en color de manzana (*M. domestica*) por 13 días, lo cual, desaceleró significativamente la maduración. Mientras que en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tratados con 1000 mg L<sup>-1</sup> a 30 kPa retrasó la maduración y prolongó de 6 a 8 días a 20 °C el estado rojo maduro (Candir et al., 2017).

Acerca del tratamiento con AVG no existe información en frutos de mango por lo tanto es necesario estudiarlo, para generar información que sea útil en el manejo postcosecha de tan importante fruto. En la región Soconusco en Chiapas existe diversidad de frutales entre los que destaca por su producción y auténtico sabor, los frutos de mango. De este último existe diversidad de frutos tipo criollo, los cuales se pueden aprovechar para mejoramiento genético o para abastecer nichos de mercado. Por lo tanto y debido a su diferente proceso de maduración es importante analizar la aplicación de AVG, ya que ha funcionado en otros frutos en postcosecha. Por lo que el objetivo de este estudio fue conocer la respuesta de las características postcosecha de los genotipos criollos Manililla, Cuero y Manzana y compararlos con la variedad 'Ataúlfo' al hacer la inmersión de los frutos en solución de AVG 200 mg L<sup>-1</sup>.

### 2.3. MATERIALES Y METODOS

**Sitio de estudio:** Los frutos de los genotipos criollos de mango y la variedad se cosecharon en la región Soconusco del estado de Chiapas, en el periodo de enero a abril de 2021. Estos árboles con un promedio de 20 años de edad. Las ubicaciones de cosecha fueron: Manzana (15° 07'17.0" N 92° 26'23.6" O) del municipio de Tuzantán, Cuero (15° 00'43.8" N 92° 22'39.8" O) y la variedad 'Ataúlfo' (15° 00'28.7" N 92° 24'02.2" O) del municipio de Huehuetán y Manililla (14° 56' 38" N 92°30'6" O) del municipio de Mazatán.

**Manejo de los frutos:** De cada genotipo criollo y la variedad se cosecharon 130 frutos de tres árboles en etapa de madurez fisiológica; fueron hidrogenofriados en campo. Posteriormente se trasladaron al Laboratorio de Fisiología Postcosecha del Colegio de Postgraduados campus Montecillos-Texcoco, Estado de México donde fueron seleccionados por color, ausencia de daños y enfermedades; y se lavaron con una solución de hipoclorito de sodio al 5%. En el laboratorio se dividieron en dos lotes (40 frutos por lote). Además, se tomaron cinco frutos para hacer el primer muestreo en el día cero de almacenamiento, este muestreo se tomó como punto de partida para el control y el tratamiento. Y otros 20 frutos para cuantificar flavonoides y compuestos fenólicos en epidermis. De los dos lotes uno corresponde a la aplicación de aminoetoxivinilglicina [AVG 200 mg L<sup>-1</sup> de i.a ReTain® (Valent BioScience Corp. Libertyville, USA)] por inmersión por tres minutos posteriormente se almacenaron a una temperatura de 20 ± 2 °C y 60 % HR, el otro lote se tomó como control y se almacenaron en las mismas condiciones que los frutos tratados. De los 40 frutos, se tomaron 10 por lote para medir pérdida de peso y 30 para hacer las evaluaciones de los parámetros de calidad postcosecha a intervalos de dos días hasta la madurez de consumo. Se realizaron cinco evaluaciones para los genotipos criollos y seis evaluaciones para la variedad.

**Variables fisicoquímicas:** El peso de fruto se determinó pesando 20 frutos en el día cero de almacenamiento (10 frutos por lote antes de aplicar AVG). La pérdida de peso se midió diariamente en 10 frutos control y 10 frutos tratados, las pérdidas de peso



acumuladas se reportaron en porcentaje (%) respecto al peso inicial de los frutos. La vida de anaquel se determinó con los frutos que se usaron para pérdida de peso, tomando como referencia un porcentaje cuando en los frutos se dejaron ver manchas necróticas y deshidratación. Para determinar las variables restantes se tomaron 30 frutos del control y de los tratados, que se distribuyeron de acuerdo al número de evaluaciones realizadas, tomando cinco frutos por cada evaluación, de cada fruto se tomaron dos muestras, una por hombro. Para cuantificar la relación pulpa/semilla/epidermis, se separaron manualmente y se pesó cada parte en forma individual, la proporción de cada parte se calculó con base en el peso total del fruto, los pesos de estos parámetros se determinaron con una balanza digital (EY2200, Asep®, Japón), el resultado se reportó en (%). El porcentaje de materia seca y humedad se determinó en una balanza analizadora de humedad y materia seca (MB23, OHAUS®, USA) se pesaron 500 mg de pulpa y se colocaron en la charola dentro de la balanza, hasta indicar el porcentaje de humedad y materia seca. Para determinar el color de pulpa y piel de los frutos se midieron con un colorímetro (NR110, 3nh®, China), los valores se expresaron en L\* (luminosidad), c\* (cromaticidad) y h\* (ángulo Hue). La determinación de clorofila y carotenoides se determinó de acuerdo con Wellburn (1994). Se pesó 0.1 g de pulpa y se macero en un mortero con 10 mL de acetona al 80%, posteriormente se aforo a 10 mL con acetona al 80% en tubos de polipropileno. El extracto se centrifugo a 5000 rpm por 20 min, para después leer absorbancias a 470, 646 y 663 nm en un espectrofotómetro (Genesys 10 UV-Vis, Thermo Spectronic, USA). El contenido de clorofila y carotenoides se calculó con las fórmulas de Lichtenthaler (1987) y se expresó en mg 100 g<sup>-1</sup>.

La firmeza se determinó con un texturómetro (TVT 6700, Perten Instruments, Estocolmo, Suecia), equipado con una sonda cilíndrica de 5 mm de diámetro, midiendo la fuerza necesaria para penetrar la pulpa en frutos enteros en los que se eliminó 1 cm del epicarpio en lados opuestos de la parte media. Se utilizó el software TextCalc (Perten Instruments, Sydney, Australia) para procesar, depurar datos y obtener los datos entregados por el texturómetro que se reportaron en Newtons (N). Para determinar la actividad enzimática de pectinmetilesterasa (APME) se determinó por el método de Ranganna (1979) en donde se preparó una solución al 1% de pectina en agua (2 g

pectina en 150 mL de H<sub>2</sub>O) subsecuentemente el pH se ajustó a 4 a 40 °C con NaOH a 1 N y la solución se aforo a 200 mL. Se colocaron 20 mL de la solución de pectina en un vaso de precipitado en baño María y se mantuvo a 40 °C. Posteriormente el potenciómetro se colocó en la solución y se agregó 0.8 mL de extracto enzimático y se inició a contar el tiempo. Durante el análisis el valor de pH se estuvo midiendo y titulando para que tuviera pH 4 con NaOH 0.01 N por 10 minutos a 40 °C. Después de 10 minutos el análisis se finalizó y se cuantificó la cantidad de NaOH gastado, los resultados se reportaron como meq/mL \* min. Para determinar la actividad enzimática de la poligalacturonasa (APG) se empleó la metodología del ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) Bernfelds (1955), la actividad de PG se midió con la aparición de grupos reductores mediante el reactivo de Miller (ácido 3, 5 dinitrosalicílico), la reacción se obtuvo entre la terminal reductora liberada y el ácido 3,5 DNS. Posteriormente se tomaron lecturas de las muestras a 540 nm en un espectrofotómetro (Genesys 10 UV-Vis, Thermo Spectronic, USA). La actividad de PG se calculó al interpolar las lecturas con la curva tipo de ácido galacturónico (Bruner, 1964) y el resultado se reportó como U g<sup>-1</sup> PF.

La acidez titulable se determinó por el método volumétrico de la AOAC (1990), 10 g de pulpa licuada en 50 mL de agua destilada, se tomó una alícuota de 5 mL de la mezcla posteriormente se tituló con NaOH (0.1N). Los sólidos solubles totales se determinaron por la metodología de la AOAC (1990). Cinco gramos de fruta se colocaron en un cedazo y se exprimieron, colocando las gotas de jugo en el censor óptico de un refractómetro digital (PAL-1, ATAGO, Japón), los resultados se expresaron en °Brix. La relación SST/AT se calculó al dividir los valores de los sólidos solubles totales (°Brix) entre el porcentaje de acidez titulable. Los azúcares totales se determinaron por la metodología descrita por Whithan et al., (1971), se pesó 1 g de pulpa y se cortó en trozos pequeños, se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 125 mL y se les adicionó 50 mL de etanol al 80% v/v, posteriormente se sometieron a ebullición 20 min. Después se colocaron 1 mL de la muestra en un vaso de precipitados de 10 mL y se dejó evaporar evitando la caramelización, posteriormente el sobrenadante se homogeneizó con 50 mL de agua destilada. De este homogenizado, se colocó 1 mL y se ajustó a 3 mL con agua destilada en tubos de fondo plano. A cada tubo con muestra se le agregaron 6 mL de la

solución de Antrona al 0.4 % (0.4 g de Antrona en 100 mL de ácido sulfúrico) manteniendo los tubos en baño de hielo para bajar la temperatura al momento de la reacción. Una vez fríos los tubos se midió su absorbancia a 600 nm. Se utilizó como blanco de referencia una solución de 3 mL de agua destilada más 6 mL de la solución de Antrona al 0.4 %. Para el cálculo de la concentración de azúcares totales se utilizaron una curva patrón de glucosa como referencia, reportando los resultados como g 100 g<sup>-1</sup>.

El contenido de ácido ascórbico se determinó con el método 2,6 diclorofenol indofenol de la AOAC (1990). Se tomaron 2 g de pulpa, y se homogeneizaron con 20 mL de ácido oxálico (5 %) y se tituló con la solución de Tillman hasta que el color rosa se hizo visible, los cálculos de ácido ascórbico se hicieron a partir de una solución estándar y se expresaron en mg 100 g<sup>-1</sup>. Los fenoles totales se cuantificaron usando Folin-Ciocalteu por la metodología de Singleton et al., 1999. Las muestras se leyeron a 765 nm en un espectrofotómetro (Genesys 10 UV-Vis, Thermo Spectronic, USA) y las absorbancias se interpolaron en la ecuación obtenida en la curva de calibración de ácido gálico y el resultado se reportó como mg EAG-100 g<sup>-1</sup> PF. Para determinar la capacidad antioxidante se siguió el método de 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), descrito por Kim et al. (2002), con algunas modificaciones. El DPPH, inicialmente fue de color violeta, al adicionarle la muestra (antioxidante) y con el tiempo (min) se tornó en color amarillo. Se tomaron lecturas a los 10, 20, 30 y 60 a 517 nm. La capacidad antioxidante fue representada como capacidad de barrido del radical (%RSC), tomando como 100 % la absorbancia de DPPH sin muestra en el tiempo cero.

Los extractos para identificar y cuantificar flavonoides y ácidos fenólicos en epidermis de los genotipos se obtuvieron mediante el método de ultrasonido (Kim et al., 2002). Un gramo de muestra fresca congelada con N<sub>2</sub>, se maceró con ayuda de arena de cuarzo (Sigma-Aldrich®). Las muestras maceradas se transfirieron a tubos de polipropileno fondo redondo de 10 mL, posteriormente se le agregó 5 mL de metanol acuoso al 80% y se agitaron a seis stir por 1 minuto. Las muestras con metanol acuoso al 80% se sometieron a sonicación en un baño de ultrasonido (BRANSONIC CPX2800H, EMERSON®, USA) durante 30 minutos; dando un descanso de cinco minutos por cada

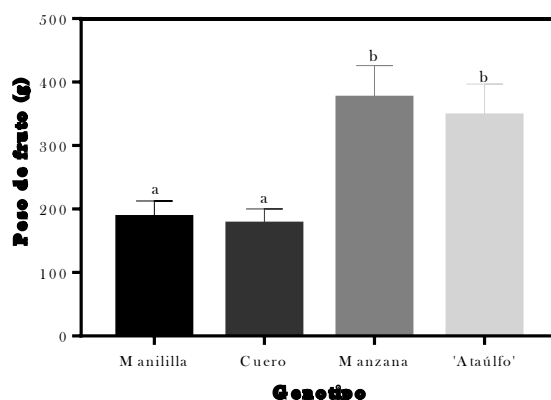
10 de sonicación. Posteriormente se centrifugaron durante cinco minutos a 5000 rpm en una centrifuga (Centrifuge 5804, eppendorf®, USA). Se decantó y por último se filtró usando una membrana de nylon con poro de 0.45  $\mu\text{m}$  de 13 mm de diámetro. Los extractos se almacenaron en viales de vidrio ámbar de 1.5 mL (Agilent®) a 4 °C hasta su análisis. Para la identificación y cuantificación de flavonoides y ácidos fenólicos; los extractos metanolicos fueron analizados en un cromatógrafo de líquidos (Infinity serie 1220, Agilent Technologies, St. Clara, CA, EE. UU.), se analizaron a 30 °C, utilizando una columna Hypersil™ ODS-2(125 x 4 mm), tamaño de partícula 5  $\mu\text{m}$  con fase móvil agua: acetonitrilo (65:35 v/v), el agua con pH ajustado a 2.5 con ácido trifluoroacético. En condiciones de flujo de 1 mL min<sup>-1</sup>, el volumen de inyección de la muestra fue de 20  $\mu\text{L}$ , presión de 114 bares. Los estándares para flavonoides fueron: rutina, catequina, miricetina, quercetina, naringenina y fletetina. Y para ácidos fenólicos: gálico, sinápico, ácido *p*-hidroxibenzoico (*p*OHa), siríngico,  $\beta$ -resorcílico, vainillílico, 3,5-diOHbenzoico, ferúlico, protocatecuico y *p*-cumárico.

**Procesamiento y análisis de datos:** Los datos de los frutos control y tratados se expresaron como media  $\pm$  desviación estándar, se compararon mediante análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey. Con un nivel de significancia estadística en  $P \leq 0.05$ ; bajo un diseño completamente al azar el número de repeticiones dependió del número de frutos considerados para cada variable. Todos los análisis fueron realizados con el software SAS® versión 9.0 (SAS Institute, Cary, NC, EE. UU.) y las gráficas con el programa GraphPad Prism versión 7.0. Los datos de parámetros de calidad postcosecha de frutos (frutos control y AVG) para el día cero y seis de almacenamiento se sometieron a un análisis multivariado de componentes principales (PCA) y conglomerados jerárquicos, utilizando el software Rstudio versión 4.1.0. Para visualizar las diferencias en los parámetros de calidad postcosecha, se creó un mapa de calor con el paquete pheatmap de Rstudio versión 4.1.0.

## 2.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Peso de fruto

El peso de los frutos estuvo en un intervalo de 176.3-374.9 g, donde Cuero y Manililla fueron los de menor calibre, contrario a Manzana y 'Ataúlfo' con pesos casi el doble que los anteriores. En la India genotipos de mango Arunika y Sabri tuvieron pesos similares con 176.6 y 185.0 g respectivamente, siendo frutos medianos, de pulpa amarilla y firme, atractivos para el mercado (Bora et al., 2017). Sin embargo, en el mercado internacional el peso de los frutos preferente es entre 350 - 450 g debido a las prácticas de empaque y logística, que son los registrados para Manzana y 'Ataúlfo' (Bally et al., 2009) (Figura 11).



**Figura 11.** Peso de fruto (g) de genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas. Las barras verticales indican desviación estándar. n=20. Diferentes letras indican una diferencia significativa entre los pesos (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) de cada genotipo de mango.

### Relación Pulpa/semilla/epidermis

Los frutos de Cuero y Manililla presentaron 16 % menos contenido de pulpa que Manzana y 'Ataúlfo', dándoles a estos últimos mayor importancia para el consumo de mango en fresco (Cuadro 9). Rodríguez- Pleguezuelo et al., (2012), registraron para mangos de importancia económica en Europa, como 'Kensington Pride' contenido de pulpa de 74.6 %, mientras que Farina et al., (2017) reportaron para 'Osteen' de 85.5 %. El 23 % del peso del fruto de Cuero corresponde a la semilla, significativamente mayor

que el resto de los genotipos, en cuanto a epidermis Cuero y 'Ataúlfo' tuvieron en promedio 12.5 %, mientras que Manzana y Manililla tuvieron 9.2 %.

**Cuadro 9.** Composición en base húmeda de pulpa, semilla y epidermis en frutos de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, en el día seis de almacenamiento ( $20 \pm 2$  °C y 60 % HR).

Genotipo	Pulpa (%)	Semilla (%)	Epidermis (%)
Manililla	73.0 $\pm$ 3.6 b	17.2 $\pm$ 1.3 b	9.8 $\pm$ 0.9 c
Cuero	63.4 $\pm$ 1.5 c	23.2 $\pm$ 0.8 a	13.4 $\pm$ 1.2 a
Manzana	81.7 $\pm$ 1.7 a	9.6 $\pm$ 0.7 c	8.6 $\pm$ 0.3 c
'Ataúlfo'	81.8 $\pm$ 2.9 a	6.3 $\pm$ 0.5 d	11.7 $\pm$ 1.0 b

Valores con diferente letra indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) cada genotipo de mango.  $n=10 \pm$  desviación estándar.

### Humedad y materia seca

Existe una correlación inversa entre humedad y materia seca durante la maduración de los frutos. Después de la cosecha los frutos tienen estrés hídrico, debido a que no tienen una fuente renovable de agua para compensar la pérdida por transpiración (Ruvalcaba et al.,2016). En el cuadro 10, se observa una pérdida de humedad de los frutos entre 9 - 14 % sin diferencias significativas por la aplicación de AVG tanto al día cero como al seis de almacenamiento.

**Cuadro 10.** Porcentaje de humedad y materia seca en frutos de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, en el día cero y seis de almacenamiento ( $20 \pm 2$  °C y 60 % HR).

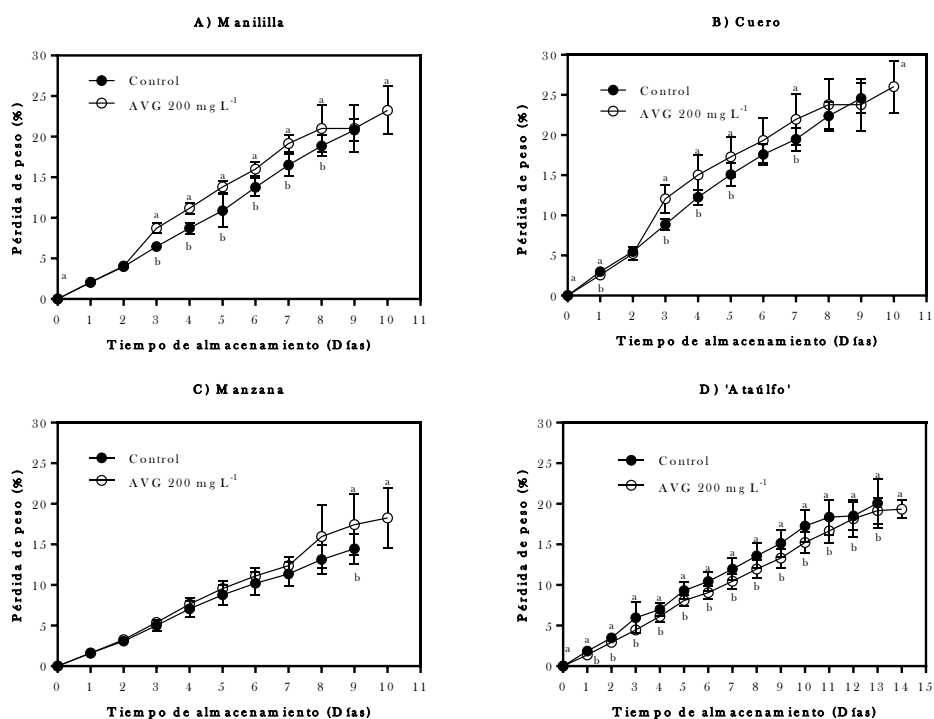
Genotipo	Tratamiento/Días de almacenamiento	Humedad (%)		Materia seca (%)	
		0	6	0	6
Manililla	Control	84.2 ± 3.2	76.6 ± 3.4	15.7 ± 3.2	23.3 ± 3.4
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	84.2 ± 3.2	75.2 ± 4.0	15.7 ± 3.2	24.7 ± 4.0
Cuero	Control	72.5 ± 12.6	70.1 ± 1.3	27.4 ± 12.6	29.8 ± 1.3
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	72.5 ± 12.6	66.5 ± 7.2	27.4 ± 12.6	33.4 ± 7.2
Manzana	Control	81.6 ± 4.9	71.0 ± 3.2	18.3 ± 4.9	27.5 ± 3.2
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	81.6 ± 4.9	72.4 ± 1.6	18.3 ± 4.9	28.9 ± 1.6
'Ataúlfo'	Control	80.6 ± 8.7	66.8 ± 4.6	19.3 ± 8.7	33.1 ± 4.6
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	80.6 ± 8.7	67.6 ± 4.2	19.3 ± 8.7	32.3 ± 4.2

AVG 200 mg L<sup>-1</sup>: frutos tratados con solución de aminoetoxivinilglicina ReTain®. Control: frutos sin el tratamiento. Valores representan la media para n=10 ± desviación estándar (P ≤ 0.05).

### Pérdida de peso

Los frutos control y tratados de Manililla (Figura 12A) y Cuero (Figura 12B) presentaron mayor pérdida de peso al final del almacenamiento con pérdidas promedio de 2.5 %. En Manzana (Figura 12C), los frutos control y tratados al inicio del almacenamiento se comportaron de forma similar; presentando pérdidas de peso promedio por día de 1.7 %. Pérdidas promedio similar a lo que presentó 'Ataúlfo' (1.5%); en los frutos control y tratados (Figura 12D). Sin embargo, 'Ataúlfo' tuvo mejor respuesta que los genotipos criollos esto se podría deber a que generalmente los mangos tipo criollos tienen tasas de respiración y transpiración mayor (Lawson et al., 2019), por lo tanto, al aplicar un inhibidor de etileno en algunos frutos; este no tiene mayor función en el metabolismo del fruto. Genotipos criollos de la India (Chokanan, Golden Phoenix, Water lily) presentan una tasa de producción de etileno de 0.24 µL C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/kg h, en promedio, mientras que su tasa de respiración es de 149 mL CO<sub>2</sub>/kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> en la etapa de 70-80% de superficie amarilla en condiciones de 25 ± 1 °C, 80 ± 5% HR (Lawson et al., 2019). Comparado a la tasa de respiración de 'Ataúlfo' en la etapa de 70-80% de superficie amarilla presenta una tasa de respiración de 122.2 mL CO<sub>2</sub>/kg h, baja comparada a la de los genotipos de la India, mientras que la tasa de producción de etileno es de 0.74 µL C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/kg h (Palafox-Carlos et al., 2012a). Sin embargo, se ha

reportado que en frutos de mango 'Ataúlfo' tratados con 300 y 600 nL L<sup>-1</sup> de 1-metilciclopropeno (1-MCP) no modifica el metabolismo de estos, ya que al final del almacenamiento (25 días) a 25 ± 2 °C la tasa de producción de etileno fue de 0.45 a 0.59 µL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> y la tasa de respiración de 119.86 a 129.56 mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, sin diferencias estadísticas significativas entre los tratados y el control (Ortiz-Franco et al., 2016). Mientras que en frutos de mango 'Manila' tratados con cera TFC 210 y 0.3 mg L<sup>-1</sup> de 1-MCP almacenados 22 días a 13 °C, 90-95 %HR, se observó pérdida de peso mayor en frutos tratados con 1-MCP (10.8%) que los frutos encerados (4.8%); manteniendo la apariencia de calidad de los frutos (Vázquez-Celestino et al., 2016).

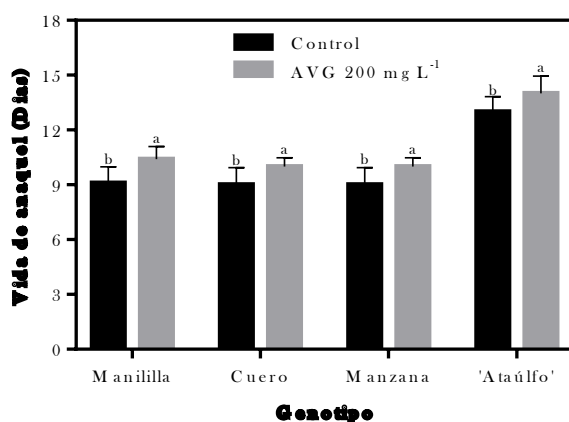


**Figura 12.** Pérdida de peso de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, durante los días de almacenamiento (dda). **A)** Maniilla, **B)** Cuero, **C)** Manzana y **D)** 'Ataúlfo'. AVG 200 mg L<sup>-1</sup>: frutos tratados con solución de aminoetoxivinilglicina ReTain®. Control: frutos sin el tratamiento. Las barras verticales indican la desviación estándar. n=10. Diferentes letras indican diferencia significativa entre los frutos tratados y el control en el día de almacenamiento (Tukey, p ≤ 0.05) para cada genotipo de mango.

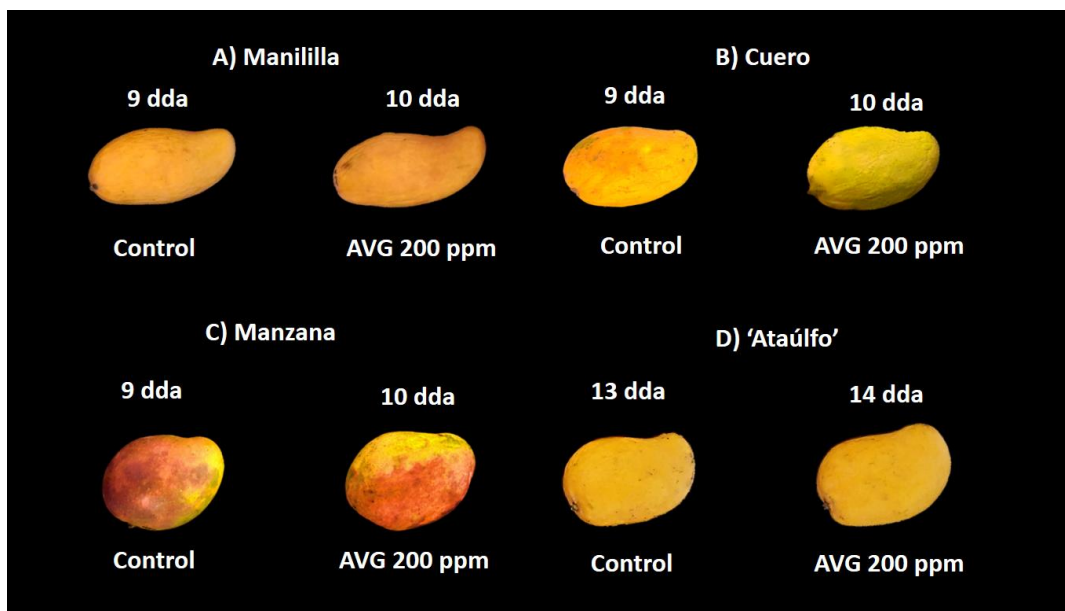


## Vida de anaquel

La vida de anaquel para los frutos control y tratados se finalizó cuando habían perdido 21 y 24% en Manililla, en Cuero 24 y 26%, en Manzana 14 y 18% y en 'Ataúlfo' 20 y 19% de su peso total (Figura 13); se tomó como referencia cuando se observó la deshidratación y manchas necróticas en los frutos; el tratamiento aumento un día la vida de anaquel en los genotipos (Figura 14). Estos datos son similares con los reportados para el cultivar 'Haden'; los frutos fueron tratados con 750 ppb de 1-MCP durante 12 horas a 20 °C, sin embargo, no se presentó diferencia significativa entre el control y el tratamiento con 15 días de almacenamiento (García-Robles et al., 2018). Se podría decir que la actividad metabólica del etileno no es directamente responsable de la pérdida de peso y senescencia de los frutos de mango (Vázquez-Celestino et al., 2016).



**Figura 13.** Vida de anaquel de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas. **A)** Manililla, **B)** Cuero, **C)** Manzana y **D)** 'Ataúlfo'. AVG 200 mg L<sup>-1</sup>: frutos tratados con solución de aminoetoxivinilglicina ReTain®. Control: frutos sin el tratamiento. Las barras verticales indican la desviación estándar. n=10. Diferentes letras indican diferencia significativa entre el control y el tratamiento en la vida de anaquel (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) para cada genotipo de mango.



**Figura 14.** Apariencia externa al final del almacenamiento de cuatro de genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas. AVG 200 mg L<sup>-1</sup>: frutos tratados con solución de aminoetoxivinilglicina ReTain®. Control: frutos sin el tratamiento.

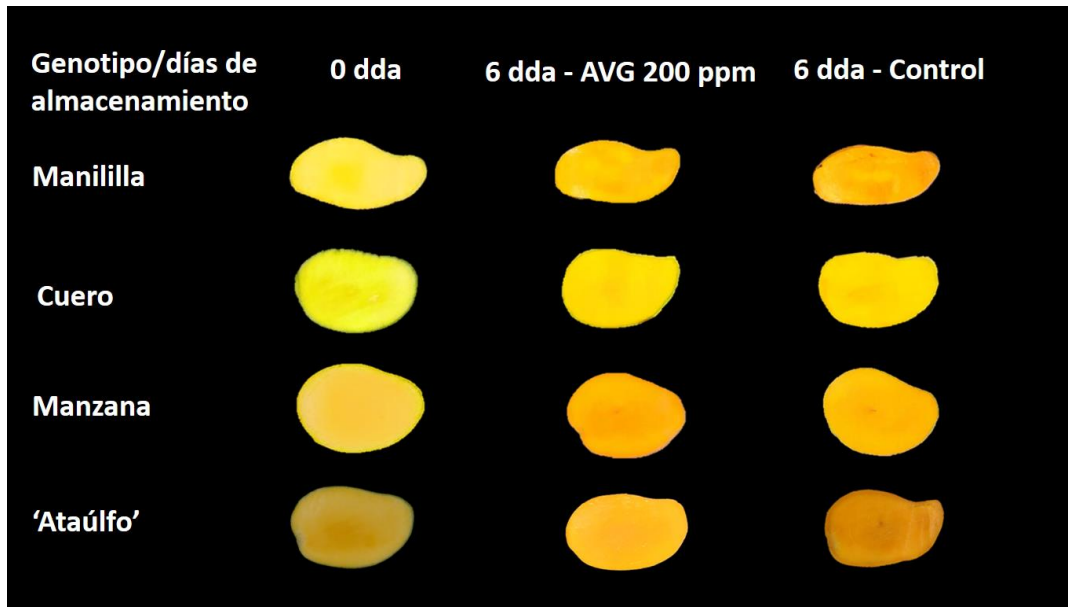
### Color de pulpa

Al día seis de almacenamiento se observó el matiz de pulpa característico, amarillo-anaranjado en los genotipos (Figura 15). En cuanto a los parámetros de color no se presentó diferencia estadística significativa entre los frutos control y tratados (Cuadro 11). Shellie (1999) reportó que en cuanto a Hue y Luminosidad no observó diferencias en cuanto a la aplicación de 60, 130 y 260 mg L<sup>-1</sup> de AVG en melón (*Cucumis melo* L.), sin embargo, con 60 mg L<sup>-1</sup> de AVG los frutos presentaron un valor de croma mayor (22.9 c\*) que los frutos tratados con 260 mg L<sup>-1</sup> y 130 mg L<sup>-1</sup> (21.1 c\*). 'Ataúlfo' presentó la misma tendencia que se reportó en melón (*C. melo* L.) donde el AVG no fue significativo en L\* y h\* pero si en c\*, pero en 'Ataúlfo' el c\* fue mayor en los frutos tratados. En bananos, se ha reportado algunas alteraciones de los cambios fisiológicos y bioquímicos relacionados con la maduración normal y la intensidad en el desarrollo de color después del tratamiento con 1 µL<sup>-1</sup> de 1-MCP (Jiang et al., 2004); similar a lo que se observó en frutos del genotipo Manzana que el valor de c\* fue menor en frutos tratados que en el control (89.5 y 94.5 c\*), respectivamente, haciendo que la pulpa se observara más tenue en los frutos tratados.

**Cuadro 11.** Cambios en color de pulpa de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) procedentes del Soconusco, Chiapas, a los cero y seis días de almacenamiento (20 ± 2 °C y 60 % HR).

Genotipo	Tratamiento/ Días de almacenamiento	L*		c*		h*	
		0	6	0	6	0	6
Manililla	Control	99.9 ± 0	78.6 ± 5.0	69.0 ± 12.1	83.6 ± 2.5	94.6 ± 1.9	70.9 ± 5.4
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	99.9 ± 0	79.9 ± 5.2	69.0 ± 12.1	84.8 ± 6.9	94.6 ± 1.9	71.1 ± 1.0
Cuero	Control	99.8 ± 0.3	90.9 ± 7.6	73.0 ± 9.3	81.7 ± 10.9	90.9 ± 3.2	83.0 ± 5.3
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	99.8 ± 0.3	92.3 ± 5.2	73.0 ± 9.3	80 ± 11.3	90.9 ± 3.2	81.2 ± 3.7
Manzana	Control	94.3 ± 2.7	84.9 ± 2.7	77.2 ± 8.5	94.5 ± 5.3	81.7 ± 1.7	72.5 ± 3.8
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	94.3 ± 2.7	83.0 ± 3.0	77.2 ± 8.5	89.5 ± 3.6	81.7 ± 1.7	72.6 ± 3.7
'Ataúlfo'	Control	99.9 ± 0	86.3 ± 3.3	71.7 ± 12.2	82.0 ± 5.5 b	92.6 ± 1.7	76.2 ± 1.4
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	99.9 ± 0	83.1 ± 3.4	71.7 ± 12.2	92.7 ± 13.3 a	92.6 ± 1.7	77.4 ± 2.1

AVG 200 mg L<sup>-1</sup>: frutos tratados con solución de aminoetoxivinilglicina ReTain®. Control: frutos sin el tratamiento. Valores representan la media para n=10 ± desviación estándar (P ≤ 0.05).



**Figura 15.** Color de pulpa de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, al día 0 y 6 de almacenamiento (dda). AVG 200 mg L<sup>-1</sup>: frutos tratados con solución de aminoetoxivinilglicina ReTain®. Control: frutos sin el tratamiento.

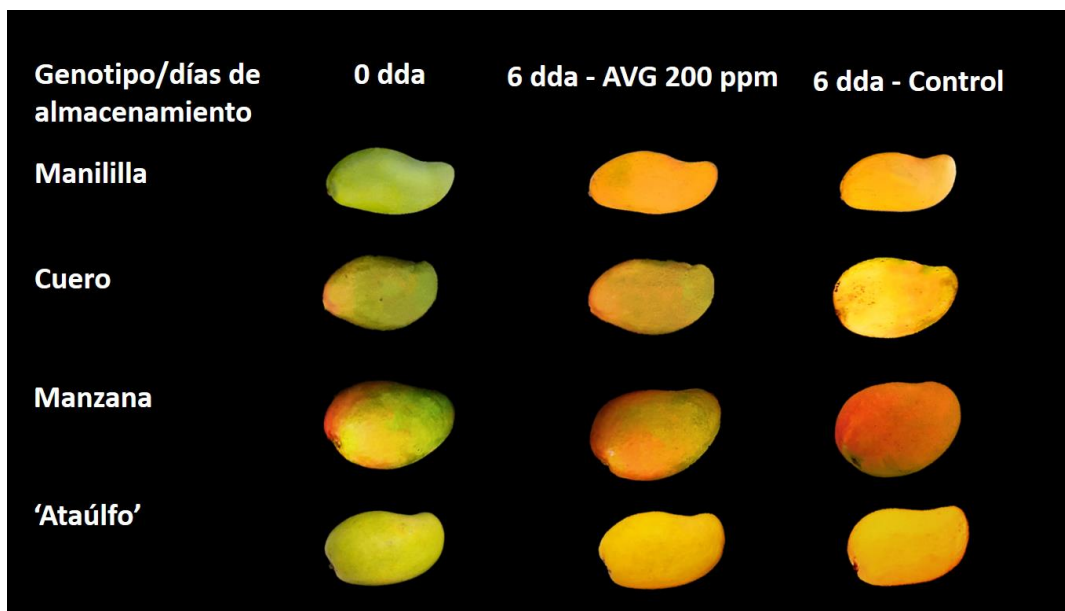
### Color de epidermis

Cuero y Manzana no presentaron los cambios característicos de color en la epidermis, Manzana desarrollo el matiz rojo en los hombros sin embargo el tono amarillo no se desarrolló completamente (Figura 16). Esto se podría deber a que las diferentes tasas de cambio de color están relacionadas con variaciones en la síntesis de pigmentos como los carotenoides y la degradación de la clorofila (Ammawath et al., 2001). Rupavatharam et al., (2016), observaron que frutos de feijoa (*Acca sellowiana*) tratados 125 mg L<sup>-1</sup> de AVG el color de la piel no se vio afectado; similar a lo que se presentó en Manililla y 'Ataúlfo' donde se observó su tono característico llamativo y saturado; sin presentar diferencias estadísticas significativas entre el control y el tratamiento (Cuadro 12).

**Cuadro 12.** Cambios en color de epidermis de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) procedentes del Soconusco, Chiapas, a los cero y seis días de almacenamiento ( $20 \pm 2$  °C y 60 % HR).

Genotipo	Tratamiento/ Días de almacenamiento	L*		c*		h*	
		0	6	0	6	0	6
Manililla	Control	77.4 ± 3.3	92.2 ± 3.3	58.8 ± 2.5	78.6 ± 8.8	114.43 ± 1.2	84.3 ± 10.0
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	77.4 ± 3.3	90.4 ± 5.2	58.8 ± 2.5	77.4 ± 12.1	114.43 ± 1.2	87.7 ± 14.0
Cuero	Control	75.5 ± 6.5	83.5 ± 10.7	52.8 ± 5.9	54.5 ± 3.1	104.9 ± 8.9	95.0 ± 11.1
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	75.5 ± 6.5	76.6 ± 6.8	52.8 ± 5.9	55.3 ± 3.1	104.9 ± 8.9	102.7 ± 4.0
Manzana	Control	68.6 ± 13.8	71.4 ± 8.0	46.7 ± 15.6	48.8 ± 9.1	101.2 ± 6.9	56.2 ± 16.3
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	68.6 ± 13.8	75.6 ± 11.7	46.7 ± 15.6	53.1 ± 13.5	101.2 ± 6.9	79.6 ± 16.9
'Ataúlfo'	Control	87.1 ± 5.4	94.8 ± 3.1	65.7 ± 4.0	93.3 ± 7.7	102.3 ± 3.8	81.3 ± 2.3
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	87.1 ± 5.4	95.4 ± 2.9	65.7 ± 4.0	99.1 ± 10.3	102.3 ± 3.8	81.4 ± 2.5

AVG 200 mg L<sup>-1</sup>: frutos tratados con solución de aminoetoxivinilglicina ReTain®. Control: frutos sin el tratamiento. Valores representan la media para n=10 ± desviación estándar (P ≤ 0.05).



**Figura 16.** Color de epidermis de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, al día 0 y 6 de almacenamiento (dda). AVG 200 mg L<sup>-1</sup>: frutos tratados con solución de aminoetoxivinilglicina ReTain®. Control: frutos sin el tratamiento.

### Clorofila y carotenoides en pulpa

En general los frutos tratados y el control no presentaron diferencias significativas en el contenido de clorofila y carotenoides en pulpa (Cuadro 13). Los frutos de Manzana y 'Ataúlfo' presentaron la menor degradación de clorofila en pulpa. Manzana en promedio entre los frutos tratados y el control degradaron 36% de clorofila al día seis de almacenamiento, similar a la degradación de los frutos tratados de 'Ataúlfo' 33%; sin embargo, Manzana obtuvo el mayor contenido de carotenoides en los frutos tratados y el control (1.5 y 1.7 mg 100 g<sup>-1</sup>); esto es de importancia debido a que los carotenoides, concretamente los  $\beta$ carotenoides son precursores de la vitamina A (Robles-Sánchez et al., 2009). Se sabe que el etileno induce la degradación de la clorofila en varios órganos, incluidos frutos climatéricos y no climatéricos, inflorescencias, hojas (Atkinson et al., 2011). Sin embargo, en este estudio no se observaron diferencias entre el contenido de clorofila y carotenoides en los frutos tratados; esto se puede deber a que el etileno en frutos de mango no representa un papel mayor en el proceso de maduración (Vázquez-Celestino et al., 2016).

**Cuadro 13.** Contenido de clorofila y carotenoides en pulpa de frutos de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, en el día cero y seis de almacenamiento (20 °C y 75% HR).

Genotipo	Tratamiento/ Días de almacenamiento	Clorofila (mg 100 g <sup>-1</sup> )		Carotenoides (mg 100 g <sup>-1</sup> )	
		0	6	0	6
Manililla	Control	1.3 ± 1.0	0.6 ± 0.2	0.13 ± 0.04	1.46 ± 0.5
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	1.3 ± 1.0	0.4 ± 0.2	0.13 ± 0.04	1.41 ± 0.4
Cuero	Control	2.0 ± 1.27	0.06 ± 0.02	0.3 ± 0.1	1.25 ± 0.4
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	2.0 ± 1.27	0.09 ± 0.02	0.3 ± 0.1	1.17 ± 0.2
Manzana	Control	0.7 ± 0.5	0.4 ± 0.2	0.6 ± 0.2	1.7 ± 0.4
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	0.7 ± 0.5	0.5 ± 0.1	0.6 ± 0.2	1.5 ± 0.4
'Ataúlfo'	Control	0.6 ± 0.2	0.3 ± 0.2	0.2 ± 0.03	1.4 ± 0.4
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	0.6 ± 0.2	0.4 ± 0.1	0.2 ± 0.03	1.4 ± 0.4

AVG 200 mg L<sup>-1</sup>: frutos tratados con solución de aminoetoxivinilglicina ReTain®. Control: frutos sin el tratamiento. Valores representan la media para n=10 ± desviación estándar (P ≤ 0.05).

### Sólidos solubles totales (SST) y Acidez titulable (AT)

No se observó diferencias estadísticas significativas entre los frutos tratados y el control en los genotipos (Cuadro 14). Sin embargo, la menor degradación de AT se observó en el tratamiento 81, 50, 44 y 65% para Manililla, Cuero, Manzana y 'Ataúlfo', respectivamente, siendo los frutos de Manzana que menos degradaron, tratados y no tratados 50 %, en promedio; dando lugar a una mejor relación entre azúcares y ácidos que contribuye en gran parte al sabor. En frutos de Pera (*P. domestica* cv. 'President') se observó que el tratamiento con AVG 100 mg L<sup>-1</sup>, presentaron mayor acidez titulable que los frutos no tratados 1.5 y 1.3%, respectivamente. (Altuntaş, 2020). La relación entre el etileno y el metabolismo de los ácidos orgánicos no se ha dilucidado adecuadamente, sin embargo, Etienne et al., (2002) verificaron que la expresión de ADNc para proteínas clave del metabolismo de ácidos orgánicos es mayor durante la maduración, siendo concomitante con el aumento de la producción de etileno. En cuanto a los SST, Manililla y 'Ataúlfo' presentaron mayor aumento en los frutos tratados que en el control, en promedio, al día seis de almacenamiento (52% y 51%, respectivamente). En los genotipos criollos se observó que el contenido de SST fue mayor lo contrario a 'Ataúlfo'. El comportamiento de este último es semejante al comportamiento en frutos de Pera (*Pyrus pyrifolia* cv. Hosui) tratados con AVG 200 ppm, los frutos control presentaron los

valores más altos de SST 14.9 %, mientras que en el tratamiento AVG 200 ppm 13.9 % (Bal, 2020). Por lo tanto, el AVG tiene un efecto retardador de la maduración, por lo que podría ralentizar la conversión del almidón en azúcar y, en consecuencia, retrasar el aumento de los valores de SST en postcosecha (Tarabih, 2014).

**Cuadro 14.** Cambios en acidez titulable, sólidos solubles totales, en frutos de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, en el día cero y seis de almacenamiento ( $20 \pm 2$  °C y 60 % HR).

Genotipo	Tratamiento/ Días de almacenamiento	Acidez (%)		SST (°Bx)	
		0	6	0	6
Manililla	Control	1.6 ± 0.1	0.2 ± 0.08	7.2 ± 0.5	14.7 ± 1.5
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	1.6 ± 0.1	0.3 ± 0.04	7.2 ± 0.5	15.0 ± 1.9
Cuero	Control	1.8 ± 0.2	0.8 ± 0.3	11.5 ± 1.6	17.0 ± 2.6
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	1.8 ± 0.2	0.9 ± 0.1	11.5 ± 1.6	18.1 ± 2.2
Manzana	Control	0.9 ± 0.1	0.4 ± 0.1	13.3 ± 1.0	19.9 ± 2.9 b
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	0.9 ± 0.1	0.5 ± 0.07	13.3 ± 1.0	22.9 ± 1.2 a
'Ataúlfo'	Control	2.6 ± 0.5	0.8 ± 0.1	8.1 ± 1.1	17.1 ± 3.1
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	2.6 ± 0.5	0.9 ± 0.3	8.1 ± 1.1	16.1 ± 1.1

AVG 200 mg L<sup>-1</sup>: frutos tratados con solución de aminoetoxivinilglicina ReTain®. Control: frutos sin el tratamiento. Valores representan la media para n=10 ± desviación estándar (P ≤ 0.05).

### Relación SST/AT y Azúcares totales

No se presentó diferencias estadísticas significativas entre los frutos tratados y el control (Cuadro 15), sin embargo, en todos los genotipos la relación fue menor en los frutos tratados que el control. Manililla y Manzana presentaron los valores más altos en el equilibrio SST/AT (60 y 48 %), respectivamente, por lo que son frutos menos ácidos, con sabor atractivo debido a que estos valores representan su palatabilidad. Yildiz et al., (2017) reportaron comportamiento similar en tres cultivares de cereza roja (*Prunus avium* L. cvs. '0900 Ziraat', 'Regina' y 'Sweetheart') al aplicar 100 y 200 mg L<sup>-1</sup>, con 200 mg L<sup>-1</sup> obtuvieron menos relación de SST/AT que con 100 mg L<sup>-1</sup> y el control (22.6, 24.2 y 31.2%, respectivamente), en promedio de los tres cultivares. En cuanto al contenido de azúcares totales, Doerflinger et al., (2019) mencionan que la manipulación de la producción de etileno no afecta todos los aspectos de maduración igualmente, algunos aspectos se ven más afectados, otros sufren cambios menores como el contenido de



azúcares. En el caso del contenido de azúcares de los genotipos del presente estudio, se obtuvo contenidos semejantes a cultivares de la India Dashehari, Langra, Chaunsa y Safeda sin la aplicación de tratamiento inhibidor de etileno (20.84, 20.42, 19.93, 17.33 g 100 g<sup>-1</sup>) (Ram et al., 2017). La pulpa del fruto del mango maduro contiene aproximadamente 15 % de azúcares totales, la fructosa es el principal monosacárido durante la fase preclimática (Bernardes et al., 2008), mientras que la sacarosa es el azúcar principal en madurez de consumo (USDA, 2018).

**Cuadro 15.** Cambios en la relación SST/AT y azúcares totales, en frutos de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, en el día cero y seis de almacenamiento (20 ± 2 °C y 60 % HR).

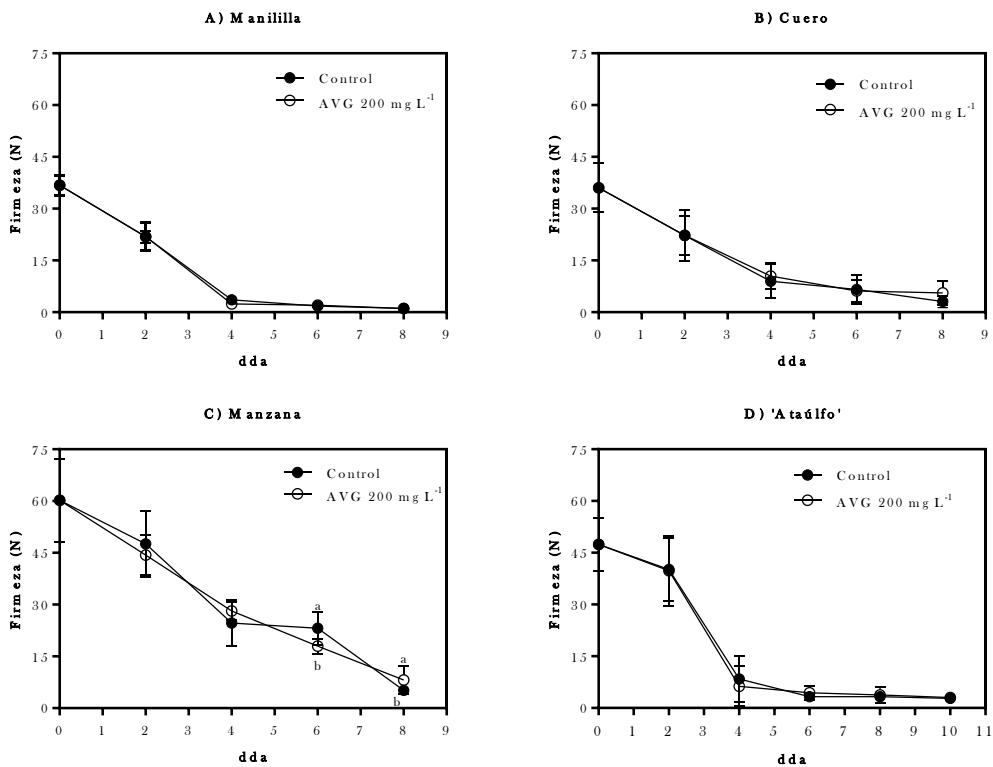
Genotipo	Tratamiento/Días de almacenamiento	Relación SST/AT		Azúcares totales (g 100 g <sup>-1</sup> )	
		0	6	0	6
Manililla	Control	4.4 ± 0.6	69.4 ± 13.1	7.8 ± 2.1	22.9 ± 5.4
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	4.4 ± 0.6	50.7 ± 12.0	7.8 ± 2.1	24.5 ± 5.7
Cuero	Control	6.4 ± 1.5	21.2 ± 5.3	6.7 ± 2.2	20.8 ± 5.3
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	6.4 ± 1.5	20.8 ± 5.2	6.7 ± 2.2	29.0 ± 5.6
Manzana	Control	14.2 ± 2.8	49.8 ± 6.7	9.4 ± 1.2	21.0 ± 4.0
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	14.2 ± 2.8	46.6 ± 5.5	9.4 ± 1.2	20.0 ± 7.5
'Ataúlfo'	Control	3.2 ± 0.6	21.9 ± 6.7	5.1 ± 1.9	16.0 ± 7.7
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	3.2 ± 0.6	20.5 ± 8.5	5.1 ± 1.9	16.3 ± 6.2

AVG 200 mg L<sup>-1</sup>: frutos tratados con solución de aminoetoxivinilglicina ReTain®. Control: frutos sin el tratamiento. Valores representan la media para n=10 ± desviación estándar (P ≤ 0.05).

## Firmeza

Manililla y Cuero presentaron 0.15 % de diferencia entre los frutos tratados y el control (Figura 17A y B) y 'Ataúlfo' presentó 1.17 % de diferencia (Figura 17C); mientras que Manzana mantuvo su firmeza con diferencia de 5.26 % entre el control y los frutos tratados hasta el día seis de almacenamiento. Se ha reportado que en frutos de manzana (*M. domestica*. cvs. 'McIntosh' y 'Empire') tratados con AVG (823 g ha<sup>-1</sup>) y con 1-MCP (125 µL L<sup>-1</sup>) en precosecha y almacenados 168 días, el AVG no presentó diferencias significativas con el control (47 y 46 N), respectivamente, lo contrario a los tratados con 1-MCP (60 N) (Doerflinger et al., 2019). Los efectos de AVG en firmeza se han observado

en diferentes cultivares, pero son dependiente del tiempo y la concentración de la aplicación (Schupp y Greene, 2004).

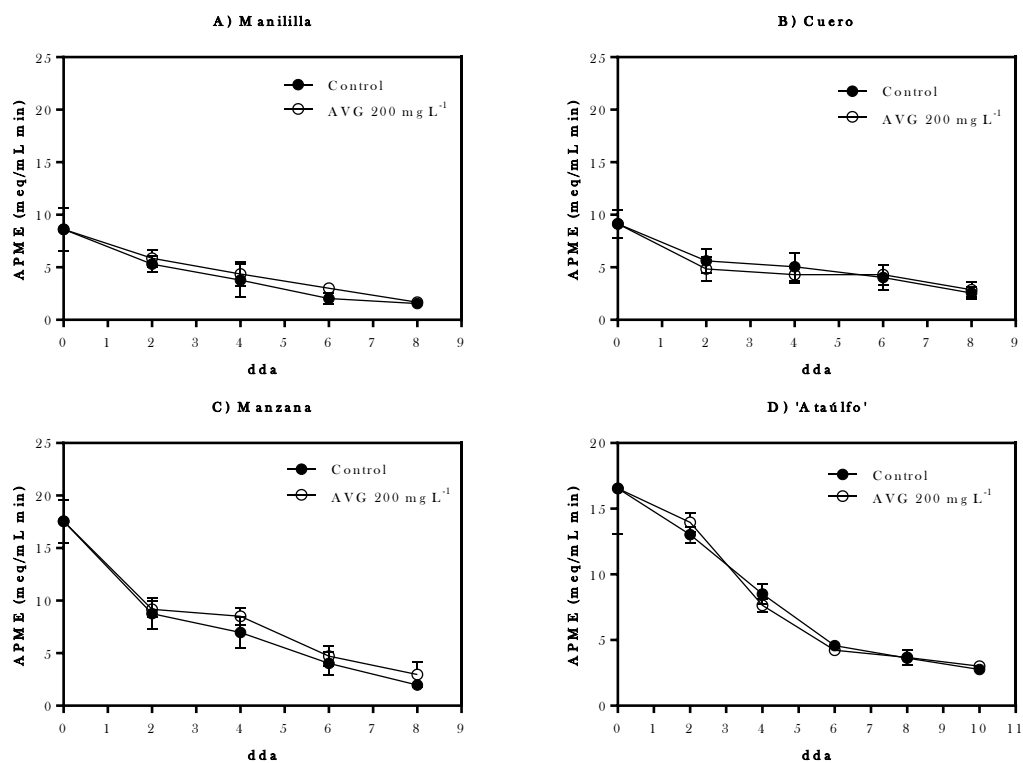


**Figura 17.** Firmeza de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, durante los días de almacenamiento (dda). **A)** Manilla, **B)** Cuero, **C)** Manzana y **D)** 'Ataúlfo'. AVG 200 mg L<sup>-1</sup>: frutos tratados con solución de aminoetoxivinilglicina ReTain®. Control: frutos sin el tratamiento. Las barras verticales indican la desviación estándar. n=8. Diferentes letras indican diferencia significativa entre el control y el tratamiento en el día de almacenamiento (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

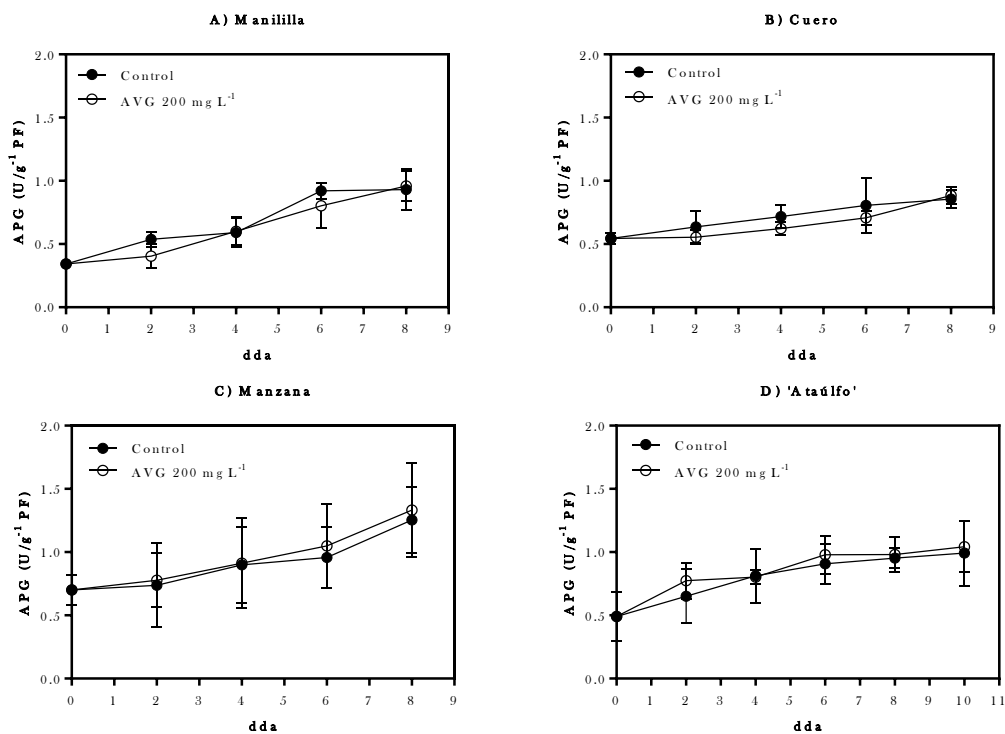
### Actividad enzimática de pectinmetilesterasa (APME) y poligalacturonasa (APG)

Durante la maduración del fruto ocurren cambios importantes en las sustancias pécticas, carbohidratos, ácidos orgánicos, compuestos fenólicos y otros componentes (Menéndez et al., 2006), son el resultado de la actividad de numerosas enzimas principalmente hidrolíticas. Entre este grupo de enzimas se encuentran las enzimas pécticas, como la pectinmetilesterasa y la poligalacturonasa. La PME cataliza la remoción de grupos metoxilo de las poligalacturonanas metiladas, generando grupos

carboxílicos libres que afectan el pH y el balance iónico de la pared celular y, consecuentemente, la actividad de otras enzimas hidrolíticas de la propia pared celular. Por otra parte, las endo- y exo-PG hidrolizan enlaces glucosídicos de los poligalacturónidos desesterificados, produciendo una amplia variedad de azúcares y ácidos orgánicos (Willats et al., 2001). En la (Figura. 8) se observa la actividad de la PME en frutos tratados con AVG 200 ppm y el control. Se observó que el tratamiento en los genotipos, aunque no presentó diferencias significativas con el control, la APME disminuyó en menor medida. Manililla y Cuero presentaron la menor disminución de la actividad en el tratamiento 65 y 52 % y en el control 67 y 55% (Figura 18A y B); mientras que Manzana y 'Ataúlfo' disminuyeron su actividad en mayor medida en el tratamiento (73 y 72%) y el control (77 y 74.6%) (Figura 18C y D), pero aun así presentan mayor actividad. Esto se puede deber a que en estos materiales la firmeza es mayor, y por lo tanto la actividad enzimática se correlaciona y no se ve afectada por la aplicación del AVG como en el caso de la firmeza (Doerflinger et al., 2019). En la (Figura 19) se observa la actividad de la PG donde no se presentó diferencias estadísticas significativas entre el control y el tratamiento en los diferentes genotipos. Manililla y 'Ataúlfo' en el tratamiento la actividad se presentó en un (18 y 26%) más que Manzana y Cuero. Esta misma tendencia se observó en el control. La correlación inversa de estas enzimas se relaciona al pH del apoplasto, la APME es mayor en frutos en estado maduro-verde cuando el pH de este, no es adecuado para su actividad, y disminuye durante la maduración a medida que aumenta el pH del mismo. Por el contrario, PG comienza a acumularse al inicio de maduración, cuando el pH del apoplasto no es adecuado para su actividad y continúa acumulándose durante la maduración a medida que el pH es favorable (Goulao, 2010).



**Figura 18.** Actividad enzimática de pectinmetilesterasa (APME) de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, durante los días de almacenamiento (dda). **A)** Manilla, **B)** Cuero, **C)** Manzana y **D)** 'Ataúlfo'. AVG 200 mg L<sup>-1</sup>: frutos tratados con solución de aminoetoxivinilglicina ReTain®. Control: frutos sin el tratamiento. n=10. Las barras verticales indican la desviación estándar ( $p \leq 0.05$ ).



**Figura 19.** Actividad enzimática de poligalacturonasa (APG) de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, durante los días de almacenamiento. **A)** Maniilla, **B)** Cuero, **C)** Manzana y **D)** 'Ataúlfo'. AVG 200 mg L<sup>-1</sup>: frutos tratados con solución de aminoetoxivinilglicina ReTain®. Control: frutos sin el tratamiento. n=10. Las barras verticales indican la desviación estándar (p ≤ 0.05).

### Ácido ascórbico

Los frutos de Cuero presentaron el contenido más alto de ácido ascórbico; así como también es el que presentó menor degradación en el tratamiento y el control (11.2 % y 12.8 %, respectivamente). En general el tratamiento presentó menor degradación que en el control; aunque no se observó diferencias significativas entre estos (Cuadro 16). Se ha reportado que en frutos de limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle) tratados con 500 ppm de 1-MCP, el contenido de ácido ascórbico es mayor que el control (35.0 y 27.2 mg 100 mL<sup>-1</sup>) y la degradación se presenta en menor medida (Rodríguez et al., 2018). Los genotipos cumplen con las recomendaciones dietéticas, donde se recomienda el consumo de 75-90 mg día de vitamina C (WHO/FAO, 2003).

**Cuadro 16.** Contenido de ácido ascórbico y fenoles totales en frutos de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, en el día cero y seis de almacenamiento (20 ± 2 °C y 60 % HR).

Genotipo	Tratamiento/ Días de almacenamiento	Ácido ascórbico (mg 100 g <sup>-1</sup> )		Fenoles totales (mg EAG-100 g <sup>-1</sup> PF)	
		0	6	0	6
Manililla	Control	120.4 ± 17.9	95.4 ± 11.7	99.6 ± 18.8	89.5 ± 5.6
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	120.4 ± 17.9	96.1 ± 9.11	99.6 ± 18.8	86.9 ± 7.8
Cuero	Control	131.1 ± 14.5	114.3 ± 13.3	107.5 ± 29.9	101.8 ± 23.6
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	131.1 ± 14.5	116.4 ± 12.6	107.5 ± 29.9	100.4 ± 17.2
Manzana	Control	115.5 ± 15.3	92.8 ± 9.2	97.0 ± 18.4	85.3 ± 18.3
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	115.5 ± 15.3	93.9 ± 10.6	97.0 ± 18.4	83.2 ± 12.5
'Ataúlfo'	Control	129.0 ± 10.9	95.8.0 ± 13.4	104.1 ± 29.0	94.8 ± 29.7
	AVG 200 mg L <sup>-1</sup>	129.0 ± 10.9	99.5 ± 24.4	104.1 ± 29.0	92.3 ± 21.1

AVG 200 mg L<sup>-1</sup>: frutos tratados con solución de aminoetoxivinilglicina ReTain®. Control: frutos sin el tratamiento. Valores representan la media para n=10 ± desviación estándar (Tukey, P ≤ 0.05).

### Fenoles totales

El contenido de fenoles cambia durante el desarrollo hasta la madurez de los frutos debido a su capacidad de neutralizar los radicales libres de forma natural producido durante los procesos de maduración o senescencia (Palafox-Carlos et al., 2012b). Al llegar al estado maduro o fase de senescencia se presenta disminución en el contenido de fenoles, que podría ser explicado por el alto metabolismo oxidativo que en esta fase favorece la aparición de especies reactivas de oxígeno singlete. Los fenoles al igual que el ácido ascórbico, actúan como antioxidantes primarios dando paso a su degradación (Olaya-Zea y Restrepo-Sánchez, 2012). En cultivares de cereza (*P. avium* L. cvs. '0900 Ziraat', 'Regina' y 'Sweetheart') tratados con AVG 200 mg L<sup>-1</sup>, disminuyeron significativamente el contenido total de fenoles. El control presentó 336.3, 283.7 y 281.1 µg GAE g<sup>-1</sup> PF y el tratamiento 268.5, 218.5 y 226.0 µg GAE g<sup>-1</sup> PF (Yildiz et al., 2017). Comportamiento semejante a lo que se presentó en este estudio, aunque no hubo diferencias estadísticas significativas entre los frutos control y los tratados; el contenido de fenoles fue mayor en el control. Cuero y 'Ataúlfo' fueron similares en cuanto a contenido en el día cero (105.8 mg EAG-100 g<sup>-1</sup> PF) en promedio, sin embargo, para el día seis de almacenamiento, el tratamiento y control de los frutos de Cuero degradaron

6.9% y 5.3% del total de su contenido, significativamente menor a lo que degradado 'Ataúlfo' (11.3% y 8.9%), entre los frutos tratados y el control (Cuadro 16).

### **Capacidad antioxidante (DPPH)**

Como resultado natural de la disminución en el contenido de los fenoles totales en el tratamiento, la capacidad antioxidante de los frutos tratados con AVG disminuye (Olaya-Zea y Restrepo-Sánchez, 2012). En este estudio el porcentaje de inhibición fue mayor en los frutos control en un intervalo de 25 - 30% a los 60 minutos; mientras que en los tratados presentaron en intervalo 23 - 27%, sin embargo, no se presentó diferencia estadística significativa entre el tratamiento y el control. Cabe señalar que en el día cero el porcentaje de inhibición fue mayor en todos los genotipos (38 - 40%). En cultivares de cereza (*P. avium* L. cvs. '0900 Ziraat', 'Regina' y 'Sweetheart') los tratamientos con AVG 200 mg L<sup>-1</sup>, presentaron menor actividad antioxidante que el control; el control presentó 1.46, 1.66, 1.71 g<sup>-1</sup> PF equivalente a Trolox (TE) y el tratamiento 1.16, 1.43, 1.39 TE g<sup>-1</sup> PF; sin embargo, no reportaron diferencias estadísticas significativas entre control-tratamiento (Yildiz et al., 2017).

### **Análisis de componentes principales**

Existe variabilidad entre atributos postcosecha entre genotipos de mango. Por esta razón, una clasificación entre genotipos se debe hacer con base a los parámetros de calidad postcosecha más importantes para los genotipos (Nambi et al., 2016). En el día cero de almacenamiento, se formaron dos componentes, al PC1 contribuyó de forma positiva la relación SST/AT, azúcares totales y firmeza; de forma negativa contribuyó h\* en pulpa, el PC2 basado principalmente en las propiedades nutraceuticas (ácido ascórbico, fenoles totales y capacidad antioxidante, contribuyeron de forma negativa) y h\* en epidermis de forma positiva. Se formaron dos grupos; el grupo I lo representa Cuero y 'Ataúlfo', y se caracteriza por tener menor contenido de azúcares totales, mayor contenido de ácido ascórbico y fenoles totales. El grupo II lo forma los frutos de Manillilla; y a este grupo lo define mayor h\* en epidermis y pulpa. El grupo III lo representa los frutos de Manzana, que se caracteriza por tener menor h\* en pulpa y epidermis lo que hace que su pulpa y epidermis se observen más llamativas, así como mayor proporción

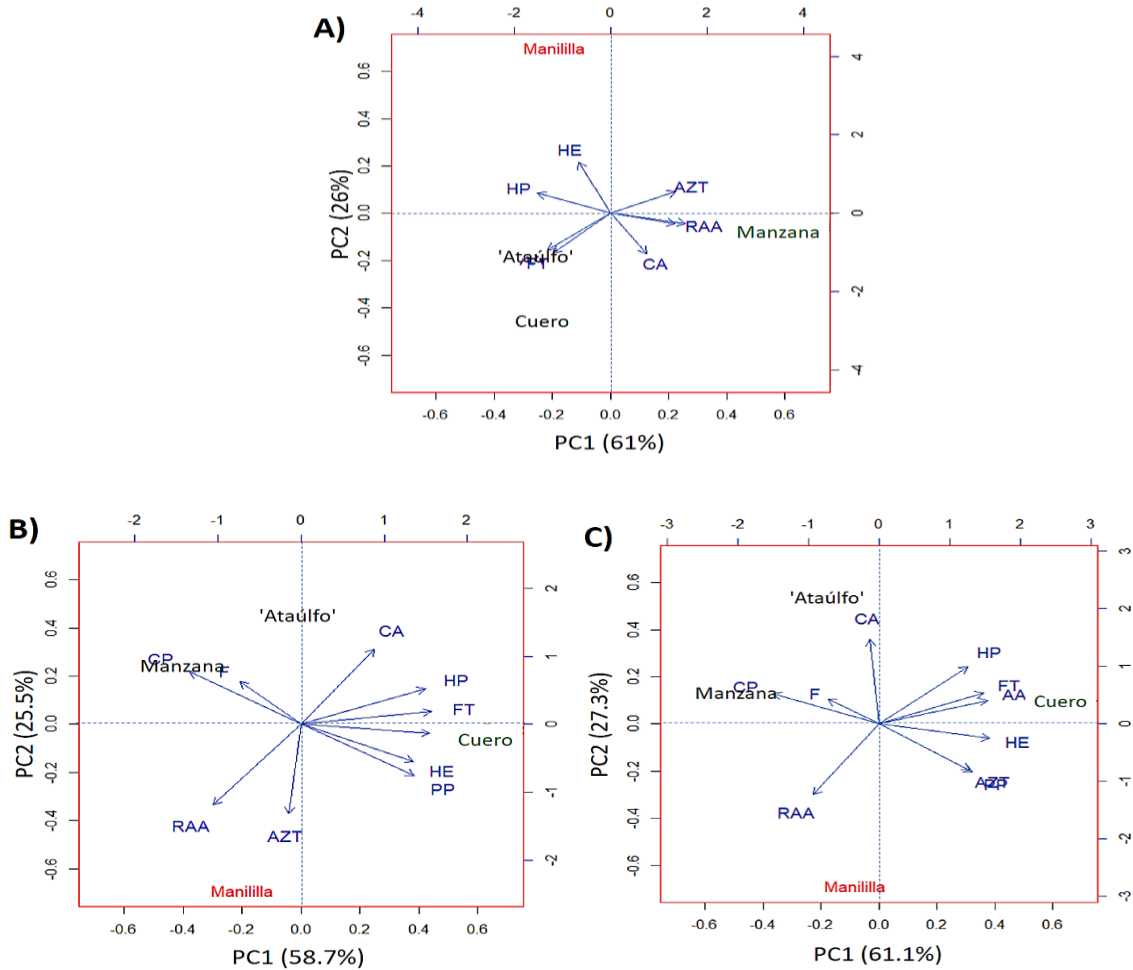
de relación SST/AT, azúcares totales y firmeza, pero menor contenido de ácido ascórbico y fenoles totales (Figura 20A).

En los frutos control para el día seis de almacenamiento se formaron dos componentes principales, al PC1 contribuyó de forma positiva la pérdida de peso,  $h^*$  en pulpa y epidermis, así como el contenido de ácido ascórbico y fenoles totales, de forma negativa contribuyó el contenido de pulpa. Al PC2 de forma positiva aportó la firmeza y la capacidad antioxidante de forma negativa la relación SST/AT y el contenido de azúcares totales. Para este día se formaron dos grupos, el grupo I Manzana y 'Ataúlfo' se caracteriza por menor pérdida de peso, mayor contenido de pulpa y menor contenido de ácido ascórbico. El grupo II, lo representa Manililla y se caracteriza por tener menor  $h^*$  en pulpa y firmeza, mayor relación SST/AT y azúcares totales. El grupo III lo representa Cuero y se caracteriza principalmente por tener mayor contenido de propiedades nutraceuticas (ácido ascórbico, fenoles totales y capacidad antioxidante), en cuanto a color mayor  $h^*$  en pulpa y epidermis, así como mayor pérdida de peso y menor contenido de pulpa (Figura 20B).

En los frutos tratados para el día seis de almacenamiento se formaron dos componentes principales, al PC1 contribuyó de forma positiva la pérdida de peso,  $h^*$  en epidermis, así como el contenido de azúcares totales, ácido ascórbico y fenoles totales y de forma negativa el contenido de pulpa y la firmeza; al PC2 de forma positiva contribuyo  $h^*$  en pulpa y la capacidad antioxidante en cuanto a lo negativo aportó la relación SST/AT. El grupo I Manzana y 'Ataúlfo', se caracteriza por tener menor pérdida de peso, menor  $h^*$  en epidermis, menor contenido de azúcares totales, mayor contenido de pulpa y mayor capacidad antioxidante. El grupo II Manililla, presenta menor  $h^*$  en pulpa, menor firmeza, menor capacidad antioxidante y mayor relación SST/AT. El grupo III Cuero, presenta mayor pérdida de peso, mayor  $h^*$  en pulpa y epidermis, mayor contenido de azúcares totales, ácido ascórbico y fenoles totales asi como menor contenido de pulpa (Figura 20C). Los frutos de Manzana tratados o no tratados son mas similares a la variedad, sin embargo, Cuero y Manililla tienen características que



sobresalen como la relación SST/AT o las propiedades nutraceuticas en Cuero que se podrían usar en un programa de mejoramiento genético.



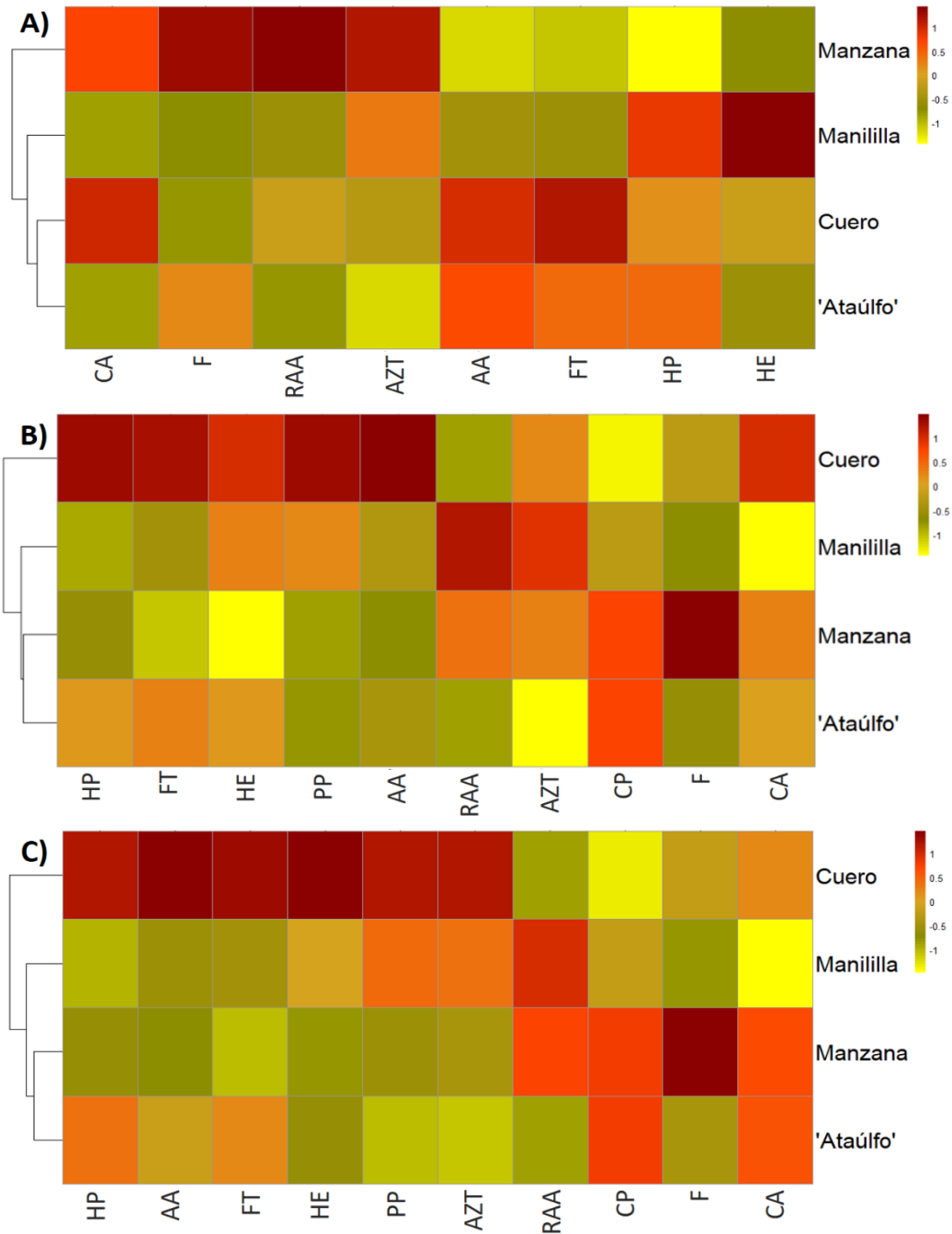
**Figura 20.** Análisis de componentes principales de parámetros de calidad postcosecha de frutos en cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas. **A)** Día cero de almacenamiento sin tratamiento, **B)** Día seis de almacenamiento control, **C)** Día seis de almacenamiento tratamiento (AVG 200 mg L<sup>-1</sup>: frutos tratados con solución de aminoetoxivinilglicina ReTain®. (CP, Contenido de pulpa; F, Firmeza; PP, Pérdida de peso; HE, h\* epidermis; HP, h\* pulpa; RAA, Relación sólidos solubles totales/acidez titulable; AZT, Azúcares totales; AA, ácido ascórbico; CA, capacidad antioxidante; FT, fenoles totales). El color de los genotipos representa agrupamiento, Verde: Grupo I; Rojo: Grupo II; Negro: Grupo III.

## **Análisis de conglomerados jerárquicos**

En el día cero de almacenamiento se formaron tres grupos a 0.10 de distancia euclidiana, el grupo I Cuero y 'Ataúlfo', se caracteriza por tener menor contenido de azúcares totales, mayor ácido ascórbico y fenoles totales, el grupo II Manililla, se caracteriza por tener mayor  $h^*$  en pulpa y epidermis y el grupo III Manzana, se caracteriza por menor  $h^*$  en pulpa y epidermis, mayor relación SST/AT, mayor contenido de azúcares totales, mayor firmeza que representa una ventaja para el manejo y logística pero tiene menor contenido de ácido ascórbico y fenoles totales (Figura 21A).

Al día seis de almacenamiento para los frutos control se formaron dos grupos; el grupo I Manzana y 'Ataúlfo', se distingue por presentar menor pérdida de peso, mayor contenido de pulpa, pero menor contenido de ácido ascórbico, el grupo II Manililla, presentó menor  $h^*$  en pulpa, mayor relación SST/AT y azúcares totales pero menor firmeza, el grupo III Cuero se caracteriza por tener mayor contenido de ácido ascórbico, fenoles totales y capacidad antioxidante, sin embargo, presenta menor contenido de pulpa, menor relación SST/AT así como mayor pérdida de peso y mayor  $h^*$  en pulpa y epidermis (Figura 21B).

Al día seis de almacenamiento los frutos tratados con AVG 200 mg L<sup>-1</sup> formaron tres grupos, el grupo I Manzana y 'Ataúlfo', se caracteriza por presentar valores más altos en contenido de pulpa y capacidad antioxidante, menor  $h^*$  en epidermis, así como menor pérdida de peso, pero menor contenido de azúcares totales. El grupo II Manililla, se caracteriza por tener mayor relación SST/AT, menor  $h^*$  en pulpa, menor firmeza y menor capacidad antioxidante. El grupo III Cuero, lo distingue mayor contenido de azúcares totales, mayor contenido de ácido ascórbico y fenoles totales, pero presenta la mayor pérdida de peso, mayor  $h^*$  en pulpa y epidermis, así como menor contenido de pulpa (Figura 21C). En el mapa de calor se observan las diferencias de los parámetros entre los genotipos. Los resultados destacaron la diversidad genética abarcada por los genotipos de mango criollos que pueden considerarse distintos genotipos para evaluaciones adicionales en el marco de programas de mejoramiento e identificación de nuevos cultivares en mango (Riaz et al., 2018).



**Figura 21.** Agrupamiento y mapa de calor de frutos de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas. Basados en los parámetros de calidad postcosecha. **A)** Día cero de almacenamiento sin tratamiento, **B)** Día seis de almacenamiento control, **C)** Día seis de almacenamiento tratamiento AVG 200 mg L<sup>-1</sup>: frutos tratados con solución de aminoetoxivinilglicina ReTain®. (CP, Contenido de pulpa; F, Firmeza; PP, Pérdida de peso; HE, h\* epidermis; HP, h\* pulpa; RAA, Relación sólidos solubles totales/acidez titulable; AZT, Azúcares totales; AA, Ácido ascórbico; CA, capacidad antioxidante, FT, fenoles totales).

## Ácidos fenólicos en epidermis

En mango se han incluido las dos categorías principales de ácidos fenólicos en plantas, derivados del ácido hidroxibenzoico e hidroxicinámico, estos ácidos fenólicos se pueden presentar en formas libres o conjugadas con glucosa o ácido quínico (Burton et al., 2017). Los ácidos hidroxibenzoicos que se han detectado en mango son ácido gálico, vainílico, siríngico, ácido protocatecuico, ácido p-hidroxibenzoico (pOHa) y de los derivados del ácido hidroxicinámico son los ácidos p-cumárico, clorogénico, ferúlico y cafeico (Ediriweera et al., 2017). El contenido y las características de los ácidos fenólicos dependen según el cultivar y la etapa de maduración (Corrales-Bernal et al., 2014). En este estudio los ácidos fenólicos que predominaron en ambos días de almacenamiento fueron: pOHa, siríngico, gálico, p-cumarico y vainillico, se observó que la mayoría de los ácidos fenólicos aumentaron durante el almacenamiento. En el día cero los genotipos criollos presentaron mayor contenido de ácidos fenólicos que la variedad 'Ataúlfo' con diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ), para el día seis se comportó de manera similar a excepción de Manzana que presentó valores más bajos que 'Ataúlfo' (Cuadro 17 y 18), esto se podría deber a que el contenido de estos está relacionado con la protección de los tejidos y se observó que Manzana presentó mayor área de manchas necróticas. Abbasi et al., (2015), reportaron que en la epidermis de nueve variedades de mango procedente de China en madurez de consumo se identificaron diferentes ácidos fenólicos: ácido gálico (79.1 – 1,450 mg 100 g<sup>-1</sup> PF), protocatecuico (3.9 – 64.3 mg 100 g<sup>-1</sup>PF), clorogenico (4.4 – 27.1 mg 100 g<sup>-1</sup> PF), los resultados demostraron que la identificación fue similar sin embargo en contenido los genotipos de estudios fueron mas bajos.

**Cuadro 17.** Contenido de ácidos fenólicos en la epidermis de frutos de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, en el día cero de almacenamiento ( $20 \pm 2$  °C y 60 % HR).

Ácidos fenólicos (mg 100 g <sup>-1</sup> PF)	Manililla	Cuero	Manzana	'Ataúlfo'
Sinápico	0.08 ± 0.01 b	0.14 ± 0.004 a	0.13 ± 0.006 a	0.09 ± 0.003 b
pOHa	0.05 ± 0.0001 c	3.64 ± 0.48 a	1.16 ± 0.24 b	0.04 ± 0.02 c
Siríngico	0.65 ± 0.02 ab	0.61 ± 0.006 bc	0.66 ± 0.009 a	0.60 ± 0.007 c
β-resorcilico	ND	0.23 ± 0.02 a	0.15 ± 0.005 b	ND
Ferúlico	0.05 ± 0.01 b	0.09 ± 0.01 a	0.06 ± 0.01 ab	0.05 ± 0.001 b
3,5-diOHbenzoico	0.17 ± 0.03 ab	0.11 ± 0.01 b	0.13 ± 0.01 b	0.30 ± 0.1 a
Gálico	4.93 ± 1.08 a	3.91 ± 0.37 a	1.20 ± 0.14 b	2.08 ± 0.23 b
p-cumarico	0.31 ± 0.12 b	0.24 ± 0.06 b	0.24 ± 0.01 b	0.57 ± 0.07 a
Protocatecuico	0.19 ± 0.0006 b	0.28 ± 0.03 a	0.23 ± 0.01 ab	0.24 ± 0.009 ab
Vainílicico	0.15 ± 0.09 b	0.21 ± 0.04 b	0.55 ± 0.04a	0.04 ± 0.001 b

Valores con diferente letra indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) de cada genotipo de mango. n=3 ± desviación estándar.

**Cuadro 18.** Contenido de ácidos fenólicos en la epidermis de frutos de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, en el día seis de almacenamiento ( $20 \pm 2$  °C y 60 % HR).

Ácidos fenólicos (mg 100 g <sup>-1</sup> PF)	Manililla	Cuero	Manzana	'Ataúlfo'
Sinápico	0.17 ± 0.008 a	0.14 ± 0.01 ab	0.14 ± 0.01 ab	0.11 ± 0.008 b
pOHa	ND	4.08 ± 1.01 a	1.17 ± 0.37 b	0.72 ± 0.05 b
Siríngico	0.68 ± 0.005 a	0.60 ± 0.004 b	0.69 ± 0.02 a	0.68 ± 0.03 a
β-resorcilico	ND	0.18 ± 0.03 a	0.14 ± 0.01 a	0.18 ± 0.06 a
Ferúlico	0.08 ± 0.005 a	0.07 ± 0.01 a	0.08 ± 0.02 a	0.07 ± 0.006 a
3,5-diOHbenzoico	0.22 ± 0.01 b	0.09 ± 0.007 d	0.15 ± 0.01 c	0.36 ± 0.03 a
Gálico	8.27 ± 0.25 a	3.57 ± 1.19 b	1.35 ± 0.26 c	2.98 ± 0.53 bc
p-cumarico	0.47 ± 0.09 a	0.20 ± 0.02 b	0.22 ± 0.03 b	0.19 ± 0.07 b
Protocatecuico	0.20 ± 0.01 b	0.23 ± 0.004 ab	0.22 ± 8.7 ab	0.24 ± 0.006 a
Vainílicico	0.21 ± 0.08 b	0.28 ± 0.08 b	0.60 ± 0.6 a	0.33 ± 0.05 b

Valores con diferente letra indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) de cada genotipo de mango. n=3 ± desviación estándar.

## Flavonoides en epidermis

Los polifenoles relacionados al fruto de mango son la clase de flavonoides: catequinas, quercetina, kaempferol, ramnetina, antocianinas, ácido tánico y la clase de xantonas: mangiferina (Masibo et al., 2008). En el día cero y seis de almacenamiento la catequina y la rutina predominaron en los genotipos. 'Ataúlfo' presentó el mayor contenido de flavonoides en el día cero y en este se identificaron cuatro de los seis flavonoides identificados en los genotipos criollos. En el día seis Manililla presentó el mayor contenido de flavonoides. En estudios realizados a 23 cultivares de grosella negra (*Ribes nigrum*) con diferente grado de infección causada por mancha foliar de grosella negra (*Drepanopeziza ribis*) y mancha foliar por *septoria* (*Septoria ribis*), se encontró que los cultivares con síntomas severos de infección por manchas foliares presentaban altos niveles de ácidos hidroxicinámicos, epicatequina (6.31 mg 100 g<sup>-1</sup>) y miricetina (6.5 mg 100 g<sup>-1</sup>). Mientras que los cultivares con síntomas mínimos de infección por manchas foliares se detectaron mayor contenido de glucósidos de kaempferol (38.4 mg 100 g<sup>-1</sup>) y quercetina (1.3 mg 100 g<sup>-1</sup>) (Mikulic-Petkovsek et al., 2013). Esto último se correlaciona con lo que se observó en este estudio, Manzana y Cuero presentaron mayor severidad de síntomas relacionados a antracnosis lo contrario a 'Ataúlfo' y Manililla ya que el contenido de quercetina en estos últimos fue mayor en un 72 % (Cuadro 19 y 20), por lo tanto se podría inferir que el contenido de flavonoides está involucrado en la protección de las plantas por la agresión por patógenos, radiación ultravioleta o especies reactivas de oxígeno (ROS) como lo menciona Sudheeran et al., (2020). Estos mismos autores reportan que el contenido de flavonoides es mayor en frutos de mango con tonalidades rojas sin embargo en este estudio al día seis de almacenamiento 'Ataúlfo' y Manililla que son de tonalidad amarilla presentaron contenido más alto que Manzana y Cuero que presentan tonalidades rojas en los hombros.

**Cuadro 19.** Contenido de flavonoides en la epidermis de frutos de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, en el día cero de almacenamiento ( $20 \pm 2$  °C y 60 % HR).

Flavonoides (mg 100 g <sup>-1</sup> )	Manililla	Cuero	Manzana	'Ataúlfo'
Rutina	1.26 ± 0.22 b	2.53 ± 0.07 a	0.95 ± 0.12 b	1.40 ± 0.001 b
Quercetina	0.48 ± 0.04 b	0.17 ± 0.006 c	0.14 ± 0.01 c	0.83 ± 0.06 a
Catequina	21.43 ± 1.32 b	20.93 ± 1.90 b	22.68 ± 0.95 b	62.23 ± 4.86 a
Miricetina	0.30 ± 0.03 a	0.21 ± 0.01 b	0.16 ± 5.9 b	ND
Naringenina	0.12 ± 0.002 b	0.12 ± 0.002 b	ND	0.99 ± 0.001 a
Floretina	0.11 ± 0.001 a	0.10 ± 0.001 b	ND	ND

Valores con diferente letra indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) de cada genotipo de mango. n=3 ± desviación estándar.

**Cuadro 20.** Contenido de flavonoides en la epidermis de frutos de cuatro genotipos de mango (*Mangifera* sp.) del Soconusco, Chiapas, en el día seis de almacenamiento ( $20 \pm 2$  °C y 60 % HR).

Flavonoides (mg 100 g <sup>-1</sup> )	Manililla	Cuero	Manzana	'Ataúlfo'
Rutina	3.0 ± 0.09 a	2.33 ± 0.11 b	0.49 ± 0.02 c	2.05 ± 0.15 b
Quercetina	0.23 ± 0.03 b	0.13 ± 0.009 c	0.14 ± 0.006 c	2.26 ± 0.001 a
Catequina	157.55 ± 6.68 a	26.41 ± 1.73 b	38.91 ± 2.32 b	148.11 ± 2.13 a
Miricetina	0.50 ± 0.003 a	0.16 ± 0.02 b	0.15 ± 0.01 b	ND
Naringenina	0.12 ± 0.001 a	0.12 ± 0.0009 a	0.11 ± 0.0001 b	ND
Floretina	0.10 ± 0.001 a	0.10 ± 0.0009 a	0.09 ± 0.0002 a	ND

Valores con diferente letra indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) de cada genotipo de mango. n=3 ± desviación estándar.

## 2.5. CONCLUSIONES

Se observó que el inhibidor de etileno (AVG) no juega un papel importante en el metabolismo de los frutos de mango evaluados debido a que no se presentaron diferencias estadísticas significativas en los parámetros a diferencia que prolongo un día la vida de anaquel. Manzana presentó mejor firmeza en el día cero y seis de almacenamiento que 'Ataúlfo' y los genotipos tipo criollo y pierde menos peso durante el almacenamiento, así como también presentó matiz llamativo en la epidermis y pulpa; en el día seis de almacenamiento con el AVG 200 mg L<sup>-1</sup> mejoró su capacidad antioxidante y es el más similar a 'Ataúlfo'. Sin embargo, Manililla y Cuero presentaron características importantes como mejor relación SST/AT o mayor contenido de propiedades nutraceuticas, que podrían ser aprovechadas en programas de mejoramiento genético, en cuanto al contenido de ácidos fenólicos los genotipos fueron semejantes a la variedad, mientras que en el contenido de flavonoides Manililla y 'Ataúlfo' presentaron mayor contenido.



## CONCLUSIONES GENERALES

Los frutos de Manzana y Cuero pertenecen a la misma clasificación comercial que 'Ataúlfo' según la NOM-188-SCFI-2012, de aplicación general para mango en México y según el CODEX STAN 184-1993 ambos materiales cumplen con el estándar internacional dando pauta a un primer indicador del potencial de mercado; sin embargo, Cuero por la mayor pérdida de peso que presenta no sería tan competitivo como Manzana. Manililla queda como una posibilidad comercial en mercados nacionales. Manzana presenta características como peso, balance de SST/AT y de firmeza que pueden ser competitivos respecto a las características de 'Ataúlfo', el análisis de componentes principales y conglomerados muestra a 'Manzana como el fruto con más relación en las variables originales. La percepción del consumidor sobre el fruto es un factor importante que influye en el comercio de frutas como el mango, como tal, este estudio proporcionará información valiosa que podría ser utilizado por productores. Así como también para fitomejoradores y exportadores para facilitar una mayor utilización y exportación de variedades que serían aceptables por los consumidores a nivel mundial.

## LITERATURA CONSULTADA

- Abbasi, A. M., Guo, X., Fu, X., Zhou, L., Chen, Y., Zhu, Y. 2015. Comparative Assessment of Phenolic Content and in Vitro Antioxidant Capacity in the Pulp and Peel of Mango Cultivars. *International Journal of Molecular Sciences*, 16, 13507-13527. doi:10.3390/ijms160613507
- Abu-Goukh, A.A; Mohamed, H. E; Garray, H. B. 2019. Physico-chemical changes during growth and development of mango fruit. *University of Khartoum Journal of Agricultural Sciences*, 13(2), 179-191.
- Altuntaş, E. 2020. Physico-mechanical and chemical properties of president plum affected by aminoethoxyvinylglycine (AVG) treatment and maturity stages. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 22(3), 241-249.
- Ammawath, W., Che-Man, Y., Yusof, S., Rahman, R. 2001. Effects of variety and stage of fruit ripeness on the physicochemical and sensory characteristics of deep-fat fried banana chips. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, 1166– 1171. doi.org/10.1002/jsfa.922
- AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis*. (Volúmen 2). USA.
- AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis*. (Volúmen 2). USA.
- Arnon, D. I. 1949. Coper enzymes in isolated chloroplast. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24, 1-15.
- Arora, A. 2008. *Biochemistry of flower senescence*. pp. 51-85. En: Paliyath, G., Murr, D., Handa, A., & Lurie, S. (eds.). *Postharvest biology and technology of fruits, vegetables, and flowers*. Wiley-Blackwell Publishing, New Delhi, India.
- Asif, A., Farooq, U., Akram, K., Hayat, Z., Shafi, A., Sarfraz, F., Aftab, S. 2016. Therapeutic potentials of bioactive compounds from mango fruit wastes. *Trends in Food Science & Technology*, 53, 102-112. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.05.004>
- Atkinson, R., Gunaseelan, K., Wang, M., Luo, L., Wang, T., Norling, C., Johnston, S., Maddumage, R., Schröder, R., Schaffer, R. 2011. Dissecting the role of climacteric ethylene in kiwifruit (*Actinidia chinensis*) ripening using a 1-aminocyclopropane- 1-carboxylic acid oxidase knockdown line. *Journal of Experimental Botany*, 62, 3821–3835. doi.org/10.1093/jxb/err063
- Bal, E. 2020. Effect of postharvest aminoethoxyvinylglycine (AVG) application on fruit quality of Asian pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Hosui) during cold storage. *Erwerbs-Obstbau*, 62(1), 69-75.

- Ballinas-Díaz, E., Vela-Gutierrez, G., Lopez-Zuñiga, E., Caballero-Roque, A., Perez-Jacome, A., Flores-Guillen, L. 2013. *Mango: Cultivo, tratamiento pre y postcosecha. Propiedades nutrimentales y funcionales*. Chiapas, México: UNICACH
- Bally, I., Lu, P., Johnson, P. 2009. Mango Breeding. In *Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species*. New York, USA: Springer Science and Business Media LLC. pp. 51–82.
- Bally, I.S. 2011. Advances in research and development of mango industry. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(1), 57–64 <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011000500008>.
- Bapat, V., Trivedi, P., Ghosh, A., Sane, V., Ganapathi, T., Nath, P. 2010. Ripening of fleshy fruit: Molecular insight and the role of ethylene. *Biotechnology Advances*, 28, 94-107. doi: 10.1016/j.biotechadv.2009.10.00
- Barbosa-Martínez C., Ponce de Leon-Garcia L., Pelayo-Saldivar C. 2009. Morpho-histology of ‘Manila’ and ‘Haden’ Fruit development. A comparative study with postharvest implications. *Acta Horticulturae*, 820, 281-288. <https://doi:10.17660/ActaHortic.2009.820.31>
- Barry, C., Giovannoni, J. 2007. Ethylene and fruit ripening. *Journal of Plant Growth Regulation*, 26, 143-159.
- Belding, R., Lokaj, G. 2002. Aminoethoxyvinylglycine treatment of peach fruit reduces ethylene production and softening. *HortScience*, 37, 1065-1068.
- Bernardes, S. A. P., Nascimento, J. R. O., Lajolo, F. M., Cordenunsi, B. R. 2008. Starch mobilization and sucrose accumulation in the pulp of Keitt mangoes during postharvest ripening. *Journal of Food Biochemistry*, 32, 384–395. doi: 10.1111/j.1745-4514.2008.00175.x
- Bernfelds, P. 1955. *Amylase  $\alpha$  y  $\beta$* . In Colowick SP Kaplan NO (Eds) *Methods in Enzymology Vol.1* Academic Press. Nueva York, EEUU. pp 149-159.
- Bora, L., Singh, A. K., Singh, C. P. 2017. Characterization of mango (*Mangifera indica* L.) genotypes based on physio-chemical quality attributes. *Journal of Applied and Natural Science*, 9(4), 2199-2204.
- Bora, L., Singh, A., Singh, C. 2017. Characterization of mango (*Mangifera indica* L.) genotypes based on physio-chemical quality attributes. *Journal of Applied and Natural Science*, 9(4), 2199-2204. doi.org/10.31018/jans.v9i4.1510
- Brecht, J. K., Yahia, E. M. 2009. Postharvest physiology. In: Richard, L. (Ed.), *The Mango Botany, Production and Uses*. CABI, Wallingford, U.K, pp. 484–528. Ca
- Bruner R., L. 1964. Determination of reducing value (3,5-DNS acid method). *Methods in carbohydrate chemistry*. Whistler Roy L. Ed. Vol. IV Academic Press. London. pp.67-71.

- Buelvas-Salgado, G., Mejia-Cordoba, C., Castro-Riasco, M., Avendaño, M. 2017. *Alternativas agroindustriales del mango criollo*. Medellín, Colombia: SENA
- Burton, B. M., Sandhu, A. K., Edirisinghe, I. 2017. Mangos and their bioactive components: adding variety to the fruit plate for health. *Food Function Journal*, 8, 3010-3032. doi: 10.1039/C7FO00190H
- Cadena-Iñiguez, J., Arévalo-Galarza, L., Ruiz-Posadas, L. M., Aguirre-Medina, J. F., Soto-Hernández, M., Luna-Cavazos, M., Zavaleta-Mancera, H. A. 2006. Quality evaluation and influence of 1-MCP on *Sechium edule* (Jacq.) Sw. fruit during postharvest. *Postharvest Biology and Technology*, 40(2), 170-176. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.12.013>
- Candir, E., Candir, A., Sen, F. 2017. Effects of aminoethoxyvinylglycine treatment by vacuum infiltration method on postharvest storage and shelf life of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 125, 13-25. doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.11.004
- Carrera, A., Gil, R., Mark, D. 2009. Comportamiento poscosecha de cinco cultivares de mango tratados con CO<sub>2</sub> y almacenados bajo condiciones naturales, en la Estación Experimental de INIA Caripe, estado Monagas. *Revista Científica UDO Agrícola*, 9(1), 51-59.
- Chiumarelli, M., Ferrari, C., Sarantópoulos, C., Hubinger, M. 2011. Fresh cut 'Tommy Atkins' mango pre-treated with citric acid and coated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch or sodium alginate. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12, 381-387. doi.org/10.1016/j.ifset.2011.02.006
- Choo, W. S. 2018. Fruit pigment changes during ripening in reference module. *Food Science Elsevier: Switzerland*, 1-7.
- Cirilli, M., Bassi, D., Ciacciulli, A. 2016. Sugars in peach fruit: a breeding perspective. *Horticulture Research*, 3(1), 1-12. <https://doi.org/10.1038/hortres.2015.67>
- CODEX. 2005. Norma del CODEX para el mango (CODEX STAN 184-1993). Disponible en: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/ninternacionales/CODEX-STAN-184-1993.pdf> Consultado: Abril 24 de 2020.
- CONASPROMANGO. 2012. Plan Rector Nacional de Sistema Producto-Mango. Comité nacional Sistema Producto Mango. Disponible en: [http://dev.pue.itesm.mx/sagarpa/nacionales/EXP\\_CNISP\\_MANGO/PLAN%20RECTOR%20QUE%20CONTIENE%20PROGRAMA%20DE%20TRABAJO%202012/P\\_R\\_CNISP\\_MANGO\\_2012.pdf](http://dev.pue.itesm.mx/sagarpa/nacionales/EXP_CNISP_MANGO/PLAN%20RECTOR%20QUE%20CONTIENE%20PROGRAMA%20DE%20TRABAJO%202012/P_R_CNISP_MANGO_2012.pdf)
- Corrales-Bernal, A., Maldonado, M. E., Urango, L. A., Franco, M. C., Rojano, B. A. 2014. Mango de azúcar (*Mangifera indica* L.) variedad de Colombia: características antioxidantes, nutricionales y sensoriales. *Revista chilena de nutrición*, 41, 312-318. doi: 10.4067/S0717-75182014000300013

- Crane, Jonathan, Carlos B., Ian, M. 2006. "Mango Growing in the Florida Home Landscape". EDIS (18). <https://journals.flvc.org/edis/article/view/116063>.
- D'Aquino, S., Schirra, M., Molinu, M., Tedde, M., Palma, A. 2010. Preharvest aminoethoxyvinylglycine treatments reduce internal browning and prolong the shelf-life of early ripening pears. *Scientia Horticulturae*, 125, 353-360. doi: 10.1016/j.scienta.2010.04.020
- Dal Cin, V., Danesin, M., Botton, A., Boschetti, A., Dorigoni, A., Ramina, A. 2008. Ethylene and preharvest drop: the effect of AVG and NAA on fruit abscission in apple (*Malus domestica* L. Borkh). *Plant Growth Regulators*, 56, 317-325. doi: 10.1007/s10725-008-9312-5
- De la Torre, A. 2013. De los cafetales del Soconusco a la historia del mango Ataulfo. Colección Soconusco, Libro III. Tapachula, Chiapas.CH/338.173730972/T6. pp.152
- Díaz, C. C., Regalado, C., Morales, S. E., Velázquez, G., Amaya, L. S. 2016. Determinación de actividad de pectin metilesterasa parcialmente purificada de bagazo y pulpa de mango (*Mangifera indica* L.) Var. Keitt. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 406-410. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/3/70.pdf>
- Doerflinger, F., Nock, J., Miller, W., Watkins, C. 2019. Preharvest aminoethoxyvinylglycine (AVG) and 1-methylcyclopropene (1-MCP) effects on ethylene and starch concentrations of "Empire" and "McIntosh" apples. *Scientia Horticulturae*, 244, 134–140. doi:10.1016/j.scienta.2018.09.031
- Domínguez, E., Ordoñez, E. 2018. Evaluación de la actividad antioxidante, vitamina c de zumos cítricos de lima dulce (*Citrus limetta*), limón tahití (*Citrus latifolia*), limón rugoso (*Citrus jambhiri lush*) y mandarina cleopatra (*Citrus reshni*) almacenados en refrigeración. *RevIA*, 3(1). ISSN 2223-8429
- Ediriweera, M., Tennekoon, K., Samarakoon S. 2017. A Review on Ethnopharmacological Applications, Pharmacological Activities and Bioactive Compounds of Mango (*Mangifera indica* L.). *Evidence-Based Complement Alternative Medicine*, 24. doi: 10.1155/2017/6949835
- Engels, C., Knödler, M., Zhao, Y., Carle, R., Gänzle, M., Schieber, A. 2009. Antimicrobial activity of gallotannins isolated from mango (*Mangifera indica* L) kernels. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 57 (17):7712-7718.
- Esquivel, G. L., Galarza, M. D. L. A., Rosales, S. A., Monter, Á. V., Ramos, M. A., Ruelas, G. L. 2006. Calidad de mangoataulfo sometido a tratamiento hidrotérmico. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 29(Es2), 123-128.

- Etienne, C., Moing, A., Dirlwanger, E., Raymond, P., Monet, R., Rothan, C. 2002. Isolation and characterization of six peach cDNAs encoding key proteins in organic acid metabolism and solute accumulation: involvement in regulating peach fruit acidity. *Physiologia Plantarum*, 114(2), 259-270. doi/abs/10.1034/j.1399-3054.2002.1140212.x
- Evans, E. A. 2008. Recent trends in world and US mango production, trade, and consumption. *EDIS*, 2008 (6). <https://journals.flvc.org/edis/article/view/117438>
- Fadhil, N., Al-Bamarny, S. 2009. Postharvest aminoethoxyvinylglycine (AVG) dips on storage characteristics of 'golden delicious' and 'red delicious' apples. *Acta Horticulturae*, 877, 881-885. doi: 10.17660/ActaHortic.2010.877.118
- Famiani F., Baldicchi A., Farinelli D., Cruz Castillo J., Marocchi F., Mastroleo M. 2012. Yield affects qualitative kiwifruit characteristics and dry matter content may be an indicator of both quality and storability. *Scientia Horticulturae*, 146, 124-130. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.08.009>
- FAO. 2010. The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture; Rome, Italy. Disponible en: <http://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/es/c/453620/>
- FAO. 2015. Organización De Las Naciones Unidas Para La Alimentación Y La Agricultura. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/home/>
- FAOSTAT. 2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Statistics Division, World Mango Production in 2017. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>. Consultado: Abril 24 de 2020.
- FAOSTAT. 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/>
- Farina, V., Gentile, C., Sortino, G., Gianguzzi, G., Palazzolo, E., Mazzaglia, A. 2020. Tree-Ripe Mango Fruit: Physicochemical Characterization, Antioxidant Properties and Sensory Profile of Six Mediterranean-Grown Cultivars. *Agronomy*, 10(6), 884. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060884>
- Farina, V., Tripodo, L., Gianguzzi, G., Sortino, G., Giuffrè, D., Cicero, U. L., Collura, A. 2017. Innovative techniques to reduce chilling injuries in mango (*Mangifera Indica* L.) trees under mediterranean climate. *Chemical Engineering Transactions*, 58, 823-828. doi: 10.3303/CET1758138
- Galán-Saúco, V., Herrero, M., Hormaza, J. 2014. Tropical and Subtropical Fruits. *Horticulture: Plants for People and Places*, 1, 123–157. doi:10.1007/978-94-017-8578-5\_5
- Gálvez L. D., Salvador F. M., Mayek P. N. 2007. Diversidad morfológica del fruto en germoplasma nativo de mango *Mangifera indica* L.(Anacardiaceae) nativo de Chiapas, México. *Cuadernos de biodiversidad* (No. 24, pp. 10-19).

- Gálvez-López, D., Adriano-Anaya, M. L., Villarreal-Treviño, C., Mayek-Pérez, N., Salvador-Figueroa, M. 2007. Diversidad isoenzimática de mangos criollos de Chiapas, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 13(1), 71-76. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=609/60913110>
- Gálvez-López, D., Salvador-Figueroa, M., Becerra-Leor, E. N., González-Paz, M., Hernández-Delgado, S., Mayek-Pérez, N. (2010). Diversidad molecular y relaciones genéticas de Germoplasma de mango de Chiapas, México. *Agrociencia*, 44(8), 907-915. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952010000800004&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952010000800004&script=sci_arttext&tlng=en)
- García Y., García A., Hernández A., Pérez J. 2011. Estudio de la variación del índice de color durante la conservación de la piña variedad Cayena Lisa a temperatura ambiente. *Revista ciencias técnicas agropecuarias*, 20(4), 12-16.
- García-Robles, J. M., Mercado-Ruiz, J. N., Báez-Sañudo, R. 2018. Quality and shelf life of mango fruits (*Mangifera indica* L.) treated with 1-MCP and edible coating. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 19(2), 190-200.
- Gerbaud, P. 2009. The European mango market: a supply puzzle. *Fruitrop*, 164, 7–39.
- Goulao, L. 2010. Pectin de-esterification and fruit softening: Revisiting a classical hypothesis. *Stewart Postharvest Review*, 6, 1-12. [doi.org/10.2212/spr.2010.1.7](https://doi.org/10.2212/spr.2010.1.7)
- Hu, K., Dars, A. G., Liu, Q., Xie, B., Sun, Z. 2018. Phytochemical profiling of the ripening of Chinese mango (*Mangifera indica* L.) cultivars by real-time monitoring using UPLC-ESI-QTOF-MS and its potential benefits as prebiotic ingredients. *Food chemistry*, 256, 171-180. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.02.014
- Human, C. F., Rhedder, S. 2004. Mango breeding: results and successes. *Acta Horticulturae*, 645, 331-335. doi:10.17660/ActaHortic.2004.645.39
- Jagtiani, J., Chan, H., Sakai, W. 1988. *Tropical fruit processing*. San Diego, USA: Academic Press, Inc.
- Jain, N. K., Dhawan, S., Malhotra R., Singh. 2003. Biochemistry of fruit ripening of guava (*Psidium guajava* L.): Compositional and enzymatic changes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58(4), 309-315. <https://doi.org/10.1023/B:QUAL.0000040285.50062.4b>
- Janave, M. T., Sharma, A. 2006. Inhibition of chlorophyll degradation in stay-green Langra mango (*Mangifera indica* L.) fruits. *BARC newsletter*, 273, 80.
- Jiang, Y., Fu, J. 2000. Ethylene regulation of fruit ripening: Molecular aspects. *Journal of Plant Growth Regulation*, 30, 193-200. doi: 10.1023/A:1006348627110
- Jiang, Y., Joyce, D., Jiang, W., Lu, W. 2004. Effects of Chilling Temperatures on Ethylene Binding by Banana Fruit. *Plant Growth Regulation*, 43(2), 109–115. doi:10.1023/b:grow.0000040112.19837.5f

- Jobling, J., Pradhan, R., Morris, S. C., Mitchell, L., Rath, A. C. 2003. The effect of ReTain plant growth regulator [aminoethoxyvinylglycine (AVG)] on the postharvest storage life of 'Tegan Blue' plums. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 43(5), 515-518. doi.org/10.1071/EA02130
- Johnson, D., Colgan, R. 2003. Low ethylene controlled atmosphere induces adverse effects on the quality of 'Cox's Orange Pippin' apples treated with aminoethoxyvinylglycine during fruit development. *Postharvest Biology and Technology*, 27, 59-68. doi: 10.1016/S0925-5214(02)00188-6
- Kader A. A. 2012. *Postharvest technology of horticultural crops*. California, USA: University of California.
- Kesari, R., Trivedi, Nath, P. 2007. Ethylene-induced ripening in banana evokes expression of defense and stress related genes in fruit tissue. *Postharvest Biology and Technology*, 46, 136-143. doi: 10.1016/j.postharvbio.2007.04.010
- Khaliq, G., Nisa, M., Ramzan, M., Koondhar, N. 2017. Textural properties and enzyme activity of mango (*Mangifera indica* L.) fruit coated with chitosan during storage. *Journal of Agricultural Studies*, 5(2), 32-50. ISSN 2166-0379.
- Kienzle, S., Sruamsiri, P., Carle, R., Sirisakulwat, S., Spreer, W., Neidhart, S. 2012. Harvest maturity detection for "Nam Dokmai #4" mango fruit (*Mangifera indica* L.) in consideration of long supply chains. *Postharvest Biology and Technology*, 72, 64–75. doi:10.1016/j.postharvbio.2012.04.011
- Kim, D. O., Lee, K. W., Lee, H. J., Lee, C.Y. 2002. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolics phytochemicals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 3713-3717.
- Kittiphoom, S. 2012. Utilization of mango seed. *International food research journal*. 19 (4),1325-1335.
- Kulkarni, M. M., Burondkar, M. M., Dalvi, N. V., Salvi, B. R., Haldankar, P. M., Bhattacharyya, T. 2019. Mango fruit size diversity found in Konkan. *Advanced Agricultural Research & Technology Journal*, 3, 43-46. ISSN: 2581-3749
- Lara Ayala, I. 2013. Preharvest sprays and their effects on the postharvest quality of fruit. *Stewart Postharvest Reviews*, (9)3, 1-12. doi.org/10.2212/spr.2013.3.5
- Lawson, T., Lycett, G. W., Ali, A., Chin, C. F. 2019. Characterization of Southeast Asia mangoes (*Mangifera indica* L.) according to their physicochemical attributes. *Scientia Horticulturae*, 243, 189-196. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.014 R
- Lawson, T., Lycett, G., Ali, A., Chin, C. 2019. Characterization of Southeast Asia mangoes (*Mangifera indica* L.) according to their physicochemical attributes. *Scientia Horticulturae*, 243, 189–196. doi:10.1016/j.scienta.2018.08.014



- Leal-López, R., Partida-Puente, A., Carrera-Sánchez, M. 2019. La Competitividad en la Comercialización de las Empresas Frutícolas del Soconusco, Chiapas. Vinculategica EFAN, 1, 905-918.
- Li, L., Shuai, L., Sun, J., Li, C., Yi, P., Zhou, Z., Tang, Y. 2020. The Role of 1-Methylcyclopropene in the regulation of ethylene biosynthesis and ethylene receptor gene expression in *Mangifera indica* L. (Mango Fruit). Food science & nutrition, 8(2), 1284-1294. doi.org/10.1002/fsn3.1417
- Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomenbranes. Methods in enzymology, 148:350-382.
- Litz, R. E. (Ed.). 2009. *The mango: botany, production and uses*. Cambridge, USA: CABI.
- Lobo, M., Yahia, E. 2017. Biology and postharvest physiology of pineapple. *Handbook of pineapple technology: production, postharvest science*. London: John Wiley & Sons Ltda, pp. 39-61.
- Lokhande A. 2016. Mango Production in Sindhudurg District: Status and prospects. Journal, 14, 44-48.
- Maldonado-Celis, M., Yahia, E., Bedoya, R., Landázuri, P., Loango, N., Aguillón, J. Guerrero Ospina, J. 2019. Chemical composition of mango (*Mangifera indica* L.) fruit: Nutritional and phytochemical compounds. Frontiers in plant science, 10, 1073.
- Manthey, J. A., Perkins-Veazie, P. 2009. Influences of harvest date and location on the levels of  $\beta$ -carotene, ascorbic acid, total phenols, the in vitro antioxidant capacity, and phenolic profiles of five commercial varieties of mango (*Mangifera indica* L.). Journal of agricultural and food chemistry, 57(22), 10825-10830. doi: 10.1021/jf902606h
- Masibo, M., Qian, H. 2008. Major mango polyphenols and their potential significance to human health. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 7, 309–319. doi: 10.1111/j.1541-4337.2008.00047.x
- Mazid, M., Khan, T. A., Khan, Z. H., Quddusi, S., Mohammad, F. 2011. Occurrence, biosynthesis and potentialities of ascorbic acid in plants. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences, 1(2), 167-84. ISSN 2231-4490
- McGlasson, W., Rath, A., Legendre, L. 2005. Preharvest application of aminoethoxyvinylglycine (AVG) modifies harvest maturity and cool storage life of 'Arctic Snow' nectarines. Postharvest Biology and Technology, 36, 93-102. doi: 10.1016/j.postharvbio.2004.10.006
- Méndez, R. R., Quijada, O., Castellano, G., Burgos, M. E., Camacho, R., Marin, C. 2010. Características físicas y químicas de frutos de trece cultivares de mango (*Mangifera indica* L) en el municipio mara en la planicie de Maracaibo. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 10(2), 65-72. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=813/81315091002>

- Mendoza-Hernández, C., Rosas-Quijano, R., Vázquez-Ovando, A., Gálvez-López, D. 2020. Retos y controversias del mango Ataulfo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(7), 1633-1645.
- Menéndez, A. O., Evangelista, L. S., Arenas, O. M., Bermúdez, T. K., Martínez, A. V., Jiménez, A. A. 2006. Cambios en la actividad de a-amilasa, pectinmetilesterasa y poligalacturonasa durante la maduración del Maracuyá Amarillo (*Passiflora edulis* VAR. FLAVICARPA DEGENER). *Interciencia*, 31(10), 728-733. Disponible en [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442006001000007&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006001000007&lng=es&tlng=es).
- Mikulic-Petkovsek, M., Slatnar, A., Schmitzer, V., Stampar, F., Veberic, R., Koron, D. 2013. Chemical profile of black currant fruit modified by different degree of infection with black currant leaf spot. *Scientia Horticulturae*, 150, 399–409. doi:10.1016/j.scienta.2012.11.038
- Mitcham, B. 2012. Mango Ripening [PowerPoint Slides]. Disponible en <http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-2168.pdf> Consultado: Noviembre 14 de 2020.
- Mitra, S. 2016. Mango production in the world—Present situation and future prospect. *Acta Horticulturae*, 1111, 287–296. 10.17660/ActaHortic.2016.1111.41
- Nambi, V. E., Thangavel, K., Jesudas, D. M. 2015. Scientific classification of ripening period and development of colour grade chart for Indian mangoes (*Mangifera indica* L.) using multivariate cluster analysis. *Scientia Horticulturae*, 193, 90-98. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.05.031>
- Nambi, V. E., Thangavel, K., Rajeswari, K. A., Manickavasagan, A., Geetha, V. 2016. Texture and rheological changes of Indian mango cultivars during ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 117, 152-160. doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.02.009
- Nambi, V.E., Thangavel, K., Rajeswari, K.A., Manickavasagan, A. 2016. Texture and rheological changes of Indian mango cultivars during ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 117, 152-160. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.02.009>
- NMX-FF-058-1999. Norma Oficial Mexicana. Non industrialized food products for human consumption. Fresh fruit. mango (*Mangifera indica* L.). Specifications. Dirección general de normas. Disponible en <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-058-1999.PDF> Consultado: Abril 24 de 2020.
- NMX-FF-058-SCFI-2006 8/20. Norma Oficial Mexicana. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano – Fruta Fresca – Mango (*Mangifera indica* L.). Disponible en <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2006/nmx-ff-058-scfi-2006.pdf> Consultado: Abril 24 de 2020.

- NOM-188-SCFI-2012, Norma Oficial Mexicana. Mango 'Ataúlfo' del Soconusco, Chiapas (*Mangifera caesia* Jack ex Wall). Disponible en [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5280541&fecha=29/11/2012](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5280541&fecha=29/11/2012)
- Olaya-Zea, J., Restrepo-Sánchez, L. 2012. Study of phenolic compounds and antioxidant activity of guava in different stage of ripening. *Acta Biológica Colombiana*, 17(3), 611-624.
- Ordóñez-Santos, L. E., Yoshioka-Tamayo, L. S. 2012. Cinética de degradación térmica de vitamina C en pulpa de mango (*Mangifera indica* L.). *Vitae*, 19(1), S81-S83. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1698/169823914019>
- Ortiz-Franco, L. Z., Ramirez-Villa, A. Z., Cervantes-Mojica, L. J., Muy-Rangel, M., Gómez-Lim, M. A., García-Galindo, H. S., Montalvo-González, E. 2016. Effect of 1-methylcyclopropene on ataulfo mango maturation under simulated conditions for export to Europe. *Revista fitotecnia mexicana*, 39(3), 305-316.
- Osuna, E. T., Engleman, E. M., Becerril, R. E., Mosqueda, V. R., Soto, H. M., Castillo, M. A. 2000. Iniciación y diferenciación floral en mango 'Manila'. *Agrociencia*, 34(5), 573-581. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=302/30234506>
- Palafox-Carlos, H., Yahia, E., González-Aguilar, G. 2012a. Identification and quantification of major phenolic compounds from mango (*Mangifera indica* cv. Ataulfo) fruit by HPLC–DAD– MS/MS-ESI and their individual contribution to the antioxidant activity during ripening. *Food Chemistry*, 135, 105-111. doi: 1520 10.1016/j.foodchem.2012.04.103.
- Palafox-Carlos, H., Yahia, E., Islas-Osuna, M., Gutierrez-Martinez, P., Robles-Sánchez, M., & González-Aguilar, G. 2012b. Effect of ripeness stage of mango fruit (*Mangifera indica* L., cv. Ataulfo) on physiological parameters and antioxidant activity. *Scientia Horticulturae*, 135, 7–13. doi:10.1016/j.scienta.2011.11.027
- Pathak, N., Asif, M., Dhawan, P., Srivastava, M., Nath, P. 2003. Expression and activities of ethylene biosynthesis enzymes during ripening of banana fruits and effect of 1-MCP treatment. *Plant Growth Regulation*, 40(1), 11– 19.
- Paulmurugan, S. 2021. A STUDY ON TREND AND GROWTH OF MANGO IN TAMIL NADU. *Psychology and Education Journal*, 58(2), 6593-6600. doi.org/10.17762/pae.v58i2.3193
- Pérez, B., Bringas, E., Mercado, J., Saucedo, C., Cruz, L., Sañudo, R. 2004. Aplicación de cera comestible en mango. Parte II: estudios fisiológicos asociados a la maduración del fruto durante el almacenamiento comercial. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 6(1), 24-33.
- Rajan, S., y Hudedamani, U. 2019. Genetic resources of mango: Status, threats, and future prospects. In *Conservation and Utilization of Horticultural Genetic Resources*. Springer Nature, 217–250. doi.org/10.1007/978-981-13-3669-0\_7

- Ram, S., Khan, M., Singh, R. 2017. Assessment of some biochemical characters of four mango varieties (*Mangifera indica* L.) at different stages of fruit maturity. *Chemical Science Review and Letters*, 6, 595-599. Disponible en: [https://chesci.com/wp-content/uploads/2017/01/V6i21\\_95\\_CS112048035\\_SiyaRam\\_595-599.pdf](https://chesci.com/wp-content/uploads/2017/01/V6i21_95_CS112048035_SiyaRam_595-599.pdf)
- Ramos, N. J. A. 2000. Competitividad del mango fresco de exportación. FIRA-Banco de México, Mazatlán, México; p. 40.
- Ranganna, S. 1979. *Manual of analysis of fruit and vegetable products*. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi. 120 p.
- Ranganna, S. 1979. *Manual of analysis of fruit and vegetable products*. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi. 120 p.
- Rath, A., Prentice, A., 2004. Yield increase and higher flesh firmness of 'Arctic Snow' nectarines both at harvest in Australia and after export to Taiwan following pre-harvest application of ReTain Plant Growth Regulator (aminoethoxyvinylglycine, AVG). *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44(3), 343-351. doi.org/10.1071/EA03103
- Rey, J. Y., Diallo, T. M., Vannière, H., Didier, C., Kéita, S., Sangaré, M. 2007. The mango in French-speaking West Africa: varieties and varietal composition of the orchards. *Fruits*, 62 (1), 57-73. <https://doi.org/10.1051/fruits:2006051>
- Riaz, R., Khan, A., Ziaf, K., Naseer, C. 2018. Genetic diversity of wild and cultivated mango genotypes of Pakistan using SSR markers. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 55(1). doi: 10.21162/PAKJAS/18.6360
- Rivas-Robles, E., Posada-Toledo, A., Vela-Gutiérrez, G., Vargas-Ortiz, M. A. 2020. Evaluación fisicoquímica y determinación sensorial de frutos descartados de *Mangifera indica* L. variedad Ataulfo en Acapetahua, Chiapas, México. *Revista iberoamericana de tecnología postcosecha*, 21(1), 51.
- Robles-Sánchez, R. M., Rojas-Graü, M. A., Odriozola-Serrano, I., González-Aguilar, G. A., Martín-Belloso, O. 2009. Effect of minimal processing on bioactive compounds and antioxidant activity of fresh-cut 'Kent' mango (*Mangifera indica* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 51(3), 384-390. doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.09.003
- Robles-Sánchez, R. M., Rojas-Graü, M. A., Odriozola-Serrano, I., González-Aguilar, G. A., Martín-Belloso, O. 2009. Effect of minimal processing on bioactive compounds and antioxidant activity of fresh-cut 'Kent' mango (*Mangifera indica* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 51(3), 384-390. doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.09.003
- Rodríguez, N. F., Saucedo, V. C., Saucedo, R. D. 2018. Cambios en la calidad y componentes cuticulares en frutos de limón mexicano tratados con AG3 y 1-MCP. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 19(2).

- Rodríguez-Félix, A., Hernández, J. F., Ochoa, M. A. 2011. Cambios en enzimas pectolíticas durante la maduración del durazno 'Flordaprince'. *Interciencia*, 36(1), 65-70. ISSN: 0378-1844. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=339/33917727010>
- Rodríguez-Pleguezuelo, C., Durán-Zuazo, V., Muriel-Fernández, J., Franco-Tarifa, D. 2012. Physico-chemical quality parameters of mango (*Mangifera indica* L.) fruits grown in a Mediterranean subtropical climate (SE Spain). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14(2), 365-374.
- Rupavatharam, S., East, A., Heyes, J. 2016. Effects of preharvest application of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on harvest maturity and storage life of “Unique” feijoa. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 44(2), 121–135. doi:10.1080/01140671.2016.1152980
- Russo, P., Adiletta, G., Di Matteo, M., Farina, V., Corona, O., Cinquanta, L. 2019. Drying kinetics and physico-chemical quality of mango slices. *Chemical Engineering*, 75, 109–114. doi: 10.3303/CET1975019
- Ruvalcaba, L., Felix, V., Tafoya, F., Alcaraz, T., Valdes, T., Juarez, M., Lopez, R. 2016. Shelf life of banana, orange and mango in polystyrene containers within refrigerated chamber. *Science within Food: Up-to-date Advances on Research and Educational Ideas*, 223.
- SADER. 2014. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Agricultura: Producción anual. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/agriculturaproduccion-anual>
- SADER. 2017. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do).
- SADER. 2020. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Disponible en <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-rey-de-las-frutas-tropicales-mango?idiom=es>
- Salas, N., Molina-Corral, F., González-Aguilar, G., Otero, A., Sepulveda, D., Olivas, G. 2011. Volatile production by ‘Golden Delicious’ apples is affected by preharvest application of aminoethoxyvinylglycine. *Scientia Horticulturae*, 130, 436-444. doi: 10.1016/j. scienta.2011.07.017
- Sánchez, A. M., Sánchez, A. I., Chávez, J. M., González, J. M., Vázquez, K. E. 2017. Identificación del sistema local de comercialización del mango ataulfo en el municipio de Huehuetán, Chiapas. *Revista Mexicana de agrociencias*, 40, 571-582. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=141/14152127006>
- Sauco, V. 2004. Mango production and world market: Current situation and future prospects. *Acta Horticulturae* 645, 107-116.
- Sauco, V. G., Lu, P. 2018. *Achieving sustainable cultivation of mangoes*. Burleigh Dodds Science Publishing Limited.

- Saúco, V.G. 2017. Trends in world mango production and marketing. *Acta Horticulturae*, 1183, 351–364. doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1183.51
- Schupp, J. R., Greene, D. W. 2004. Effect of Aminoethoxyvinylglycine (AVG) on Preharvest Drop, Fruit Quality, and Maturation of McIntosh 'Apples'. Concentration and Timing of Dilute Applications of AVG. *HortScience*, 39(5), 1030-1035. doi.org/10.21273/HORTSCI.39.5.1030
- Schupp, J.R., Greene, D.W. (2004). Effect of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest drop, fruit quality, and maturation of 'McIntosh' apples. I. Concentration and timing of dilute applications of AVG. *HortScience*, 5, 1030-1035.
- Sennhenn, A., Prinz, K., Gebauer, J., Whitbread, A., Jamnadass, R., Kehlenbeck, K. 2014. Identification of mango (*Mangifera indica* L.) landraces from Eastern and Central Kenya using a morphological and molecular approach. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 61(1), 7–22. doi.org/10.1007/s10722-013-0012-2
- Shellie, K. C. 1999. Muskmelon (*Cucumis melo* L.) fruit ripening and postharvest quality after a preharvest spray of aminoethoxyvinylglycine. *Postharvest Biology and Technology*, 17(1), 55– 62. doi:10.1016/s0925-5214(99)00022-8
- SIAP. 2015a. Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/resumen-nacional-por-estado/>. Consultado: Abril 24 de 2020.
- SIAP. 2015b. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Agricultura: Producción anual. México. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/agriculturaproduccion-anual>. Consultado: Abril 24 de 2020.
- SIAP. 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Aumenta producción de mango mexicano 36 por ciento en tres años. No. 002. Ciudad de México. Disponible en: <https://www.gob.mx/sagarpa/prensa/aumenta-produccion-de-mangomexicano-36-por-ciento-en-tres-anos?idiom=es-MX>. Consultado: Abril 24 de 2020.
- SIAP. 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera: Avance de Siembras y Cosechas Resumen nacional por estado en 2018. Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do). Consultado: Abril 24 de 2020.
- SIAP. 2019. Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do). Consultado: Abril 24 de 2020.
- SIAP. 2020. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Avances de Siembra y Cosecha Resumen por Estado. Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/ResumenProducto.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do). Consultado: Abril 24 de 2020.

- SIAP-AEPA. 2019. Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera-Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Consultado: Abril 24 de 2020.
- Siller-Cepeda, J., Muy-Rangel, D., Báez-Sañudo, M., Araiza-Lizarde, E., Ireta-Ojeda, A. 2009. Calidad poscosecha de cultivares de mango de maduración temprana, intermedia y tardía. *Revista fitotecnia mexicana*, 32(1), 45-52. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802009000100006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802009000100006&lng=es&tlng=es).
- Singleton, V. L.; Orthofer, R.; Lamuela-Raventos, R. M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu Reagent. *Methods in Enzymology* 1999, 299, 152-178
- Sortino, G., Caviglia, V., Liguori, G., De Pasquale, C., Gianguzzi, G., Farina, V. 2017. Quality changes of tropical and subtropical fresh-cut fruits mix in modified atmosphere packaging. *Chemical Engineering Transactions*, 58, 397–402. doi: 10.3303/CET1758067
- Souza, M., Ascari, C., Magalhes, K., Mattiuz, C., Mattiuz, B. 2011. Pós-colheita de mangas ‘Tommy atkins’ recobertas com quitosana. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Volumen Especial: 337-343. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500042>
- Sudheeran, P., Ovadia, R., Galsarker, O., Maoz, I., Sela, N., Maurer, D., Alkan, N. Feygenberg O., Shamir, M. 2020. Glycosylated flavonoids: fruit's concealed antifungal arsenal. *New Phytologist*, 225(4), 1788-1798. doi.org/10.1111/nph.16251
- Tarabih, M. 2014. Improving storability of Le Conte pear fruit using minoethoxyvinylglycine (AVG) and oxalic acid (OA) under cold storage conditions. *Asian Journal of Crop Science*, 6, 320–333
- Thakor, N. J. 2019. Indian Mango—Production and Export Scenario. *Peach*, 18(107), 0-12.
- Tharanathan, R. N., Yashoda, H.M., Prabha, T. N. 2006. Mango (*Mangifera indica* L.), “The king of fruits”—an overview. *Food Reviews International*, 22(2), 95-123. doi.org/10.1080/87559120600574493
- Thayer, S. S., Bjorkman, O. 1990. Leaf xanthophyll content and composition in sun and shade determined by HPLC. *Photosynthesis research*, 23(3), 331-343. <https://doi.org/10.1007/BF00034864>
- USDA. 2018. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service. National Nutrient Database for Standard Reference. Disponible en: Nutrient Data 1731 Laboratory Home Page, <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/> Consultado: Abril 10 de 2020.

- USDA. 2018. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. National Nutrient Database for Standard Reference. Disponible en Nutrient Data 1731 Laboratory Home Page, <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/>. Consultado: Mayo 03 de 2021.
- USDA-ERS (Economic Research Service). 2014. Data Sets: Fruit and Tree Nuts Yearbook Data tables. Disponible en: <http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1377> Consultado: Abril 10 de 2020.
- USDA-ERS (Economic Research Service). 2014. Data Sets: Fruit and Tree Nuts Yearbook Data tables. Disponible en <http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1377> Consultado: Mayo 03 de 2021.
- Vázquez-Celestino, D., Ramos-Sotelo, H., Rivera-Pastrana, D., Vázquez-Barrios, M., Mercado-Silva, E. 2016. Effects of waxing, microperforated polyethylene bag, 1-methylcyclopropene and nitric oxide on firmness and shrivel and weight loss of “Manila” mango fruit during ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 111, 398–405. doi:10.1016/j.postharvbio.2015.09.030
- Vega-Vega, V., Silva-Espinoza, B. A., Cruz-Valenzuela, M. R., Bernal-Mercado, A. T., González-Aguilar, G. A., Ruiz-Cruz, S., Ayala-Zavala, J. F. 2013. Antimicrobial and antioxidant properties of byproduct extracts of mango fruit. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 86(1). <https://doi:10.5073/JABFQ.2013.086.028>
- Villamizar, V. R., Quiceno, G. C., Giraldo G. G. 2019). Physicochemical changes during the maturation of the Tommy Atkins mango in the postharvest. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 22 (1).
- Warschefsky, E., Von Wettberg, E. 2019. Population genomic analysis of mango (*Mangifera indica*) suggests a complex history of domestication. *New Phytologist*. doi:10.1111/nph.15731
- Wellburn, A. R. 1994. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal of plant physiology*, 144(3), 307-313.
- Whitham F. H., Blaydes D. F., Devlin R. M. 1971. *Experiments in Plant Physiology*. Van Nostrand Reinhold Company. *New York*, pp. 55-58.
- Whitham F. H., Blaydes D. F., Devlin R. M. 1971. *Experiments in Plant Physiology*. Van Nostrand Reinhold Company. *New York*, pp. 55-58.
- WHO/FAO. 2003. Diet, nutrition and prevention of chronic diseases. Report of a joint WHO/FAO expert consultation (WHO technical report series 916. World Health Organization. Geneva, Switzerland, 1-149. Disponible en [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/42665/1/WHO\\_TRS\\_916.pdf?ua=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/42665/1/WHO_TRS_916.pdf?ua=1) Consultado: Mayo 03 de 2021.



- Willats, W., McCartney, L., Mackie, W., Knox, J. 2001. Pectin: cell biology and prospects for functional analysis. *Plant molecular biology*, 47(1), 9-27. doi.org/10.1023/A:1010662911148
- Yadav, D., Singh, S. 2017. Mango: History origin and distribution. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(6), 1257-1262.
- Yildiz, K., Kilic, K., Ozkan, Y., Ozturk, B., Kucuker, E. 2017. The role of Pre-harvest Aminoethoxyvinylglycine (AVG) Treatments on Total Phenolics, Antioxidant Capacity and Fruit Quality Attributes of Sweet Cherry Cultivars. *Erwerbs-Obstbau*, 60(3), 221–230. doi:10.1007/s10341-017-0362-6
- Zhang, J., Cheng, D., Wang, B., Khan, I., Ni, Y. 2017. Ethylene control technologies in extending postharvest shelf life of climacteric fruit. *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(34), 7308-7319. doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02616
- Zuluaga, J. D., Cortes, R. M., Rodríguez, S. E. 2010. Evaluación de las características físicas de mango deshidratado aplicando secado por aire caliente y deshidratación osmótica. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 25(4), 127-135. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-40652010000400013&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652010000400013&lng=es&tlng=es).