



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**Comportamiento productivo y poscosecha de
papaya (*Carica papaya* L.)**

TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
DESARROLLO RURAL

P R E S E N T A:
ISAAC MAGAÑA LÓPEZ

DIRECTOR DE TESIS:
DR. IRÁN ALIA TEJACAL

Cuernavaca, Morelos, abril de 2023



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

Comportamiento productivo y poscosecha de papaya (*Carica papaya* L.)

Tesis realizada por M.C. Isaac Magaña López, bajo la dirección del comité asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

Doctor en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural

Director: Dr. Iran Alia Tejacal

Revisor: Dr. Víctor López Martínez

Revisor: Dr. Porfirio Juárez López

Revisor: Dr. Nelson Avonce Vergara

Revisor: Dr. Daniel Barcenás Santana

Revisor: Dr. Francisco Palemon Alberto

Cuernavaca, Morelos, abril de 2018

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS**, por darme ese aliento divino concediéndome salud y energía necesaria para cosechar un logro más en mi vida, que tanto anhelaba y que gracias a él he culminado.

A la **Facultad de Ciencias Agropecuarias**, de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, por permitir a que me formara profesionalmente cobijándome en sus instalaciones durante mi etapa de estudios de Posgrado.

A la **Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc**, de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, por facilitarme el terreno para establecer mí experimento.

Al Dr. Dagoberto Guillén Sánchez (Q.E.P.D) Por su grandiosa amistad y el valioso tiempo que llego a invertir en mí, así como a **Leticia Lira**, por estar a la par de él apoyándome en todo momento, y aún después de la partida del Doctor.

Al Dr. Irán Alía Tejacal Por el apoyo incondicional y logístico sugiriendo aportaciones en la culminación de este proyecto, que sin duda alguna se refleja en el presente trabajo, así como por el haber aceptado edarle seguimiento a este proyecto de Tesis, **Muchas gracias.**

Al comité revisor: Al **Dr. Víctor López Martínez**, al **Dr. Porfirio Juárez López**, al **Dr. Daniel Bárcenas Santana**, Al **Dr. Francisco Palemón Alberto**, Al **Dr. Nelson Avonce Vergara** y al **Dr. Juan Manuel Villarreal Fuentes** por sus aportaciones, sugerencias y observaciones realizadas para que este proyecto culminara con éxito.

A mi amiga, novia y futura esposa, **Nayelli Berenice Hernández Luna** por todo su apoyo incondicional que me ha brindado, en los buenos y malos momentos que eh pasado durante la ejecución de este proyecto, desde el inicio, hasta ahora que estoy por finalizarlo ¡**GRACIAS AMOR!**

DEDICATORIAS

A mi futura esposa Nayelli Berenice Hernández Luna, porque este trabajo lo compartí contigo en todo momento, desde que empezamos las evaluaciones de las variables en campo, hasta finalizar con las variables poscosecha, tu más que nadie sabe lo mucho que me ha costado llegar hasta este momento, así que este logro lo comparto especialmente contigo y te lo dedico más que nada, como prueba de que lo que hiciste por mí y este proyecto, ha valido cada minuto que hemos invertido en él.

A Mi Madre: Marina López Lozada La persona que más amo, respeto y admiro en este mundo, por haberme educado y soportar mis errores. Por los consejos, por el amor que siempre me ha brindado, por cultivar e inculcarme ese sabio don de la responsabilidad pero sobre todo por darme la vida.

A mis Hermanos Angelina, Guadalupe †, Álvaro, Laurette y Rafael Porque siempre he contado con sus apoyo incondicional en todo momento, tanto en buenas como en malas circunstancias, gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido; por el apoyo y amistad.

INDICE

INDICE DE CUADROS.....	II
INDICE DE FIGURAS.....	III
INTRODUCCION.....	1
OBJETIVOS E HIPOTESIS.....	2
CAPITULO I. Calidad, vida poscosecha y nutraceuticos de tres variedades de papaya (<i>Carica papaya</i> L.)	
1.1. Introducci3n.....	5
1.2. Materiales y m3todos.....	6
1.3. Resultados y discusi3n.....	13
1.4. Conclusiones.....	25
1.5. Literatura revisada.....	25
CAPITULO II. Calidad, vida poscosecha y nutraceuticos de dos variedades de papaya (<i>Carica papaya</i> L.)	
2.1. Introducci3n.....	29
2.2. Materiales y Metodos.....	32
2.3. Resultados y discusi3n.....	39
2.4. Conclusiones.....	51
2.5. Literatura revisada.....	52
CAPITULO III. Comportamiento productivo y agronomico de variedades de papaya (<i>carica papaya</i> l.)	
3.1. Introducci3n.....	59
3.2. Materiales y m3todos.....	60
3.3. Resultados y discusiones.....	63
3.4. Conclusiones.....	68
3.5. Literatura revisada.....	68

INDICE DE CUADROS

- Cuadro 1.** Localización geográfica de los sitios de colecta
.....
- Cuadro 2.** Localización geográfica de los sitios de colecta de los genotipos Carinice y Passion Red
- Cuadro 3.** Variedades e híbridos de papaya que se evaluaron en Xalostoc, Ayala, Morelos para determinar su comportamiento agronómico y productivo.....
- Cuadro 4.** Croquis y distribución de los tratamientos para evaluar el comportamiento productivo y fitosanitario de variedades de papaya en Xalostoc, Morelos
- Cuadro 5.** Variables evaluadas en seis diferentes genotipos de papaya, después de ocho meses del trasplante
- Cuadro 6.** Evaluaciones físicas de frutos de 6 geotipos de papaya.....

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Índice de cosecha de frutos en tres genotipos de papaya, (a) 'Maradol', (b) 'Maradona' y (c) 'Morada'.....
- Figura 2.** Cambios diarios en la velocidad de respiración, producción de etileno, parámetros de color y pérdida de peso en tres variedades de papaya, cultivadas en Morelos, México. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar.....
- Figura 3.** Maduración de frutos después de doce días de cosecha (a) 'Maradol', (b) 'Maradona' y (c) 'Morada'.....
- Figura 4.** Cambios diarios en características químicas y calidad en tres variedades de papaya, cultivadas en Morelos, México. Cada punto representa la media de seis.....
- Figura 5.** Cambios en parámetros de color en la pulpa de tres variedades de papaya, cultivadas en Morelos, México. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar.....
- Figura 6.** Cambios en fenoles, flavonoides, vitamina c y actividad antioxidante en pulpa de tres variedades de papaya, cultivadas en Morelos, México. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar.....
- Figura 7** Cambios de la producción de CO₂ (A), etileno (B), pérdida de peso (C), luminosidad (D), cromaticidad (E) y ángulo matiz en la epidermis de dos variedades de papaya durante su maduración a 23 °C y 60 % de HR. Cada punto es la media de seis repeticiones más error estándar. *, **, ***: Significativo de acuerdo a la prueba de t al 0.05, 0.01 y 0.0001, respectivamente.....

- Figura 8** Cambios en firmeza (A), luminosidad (B), cromaticidad (C), matiz (D), carotenoides (E) y azúcares totales (F) en dos variedades de papaya durante su maduración a 23 °C y 60 % de HR. Cada punto es la media de seis repeticiones y su error estándar. *: significativo de acuerdo con la prueba de t al 0.05.....
- Figura 9** Cambios en sólidos solubles totales (A), acidez titulable (B) e índice de sabor en dos variedades de papaya. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar. *: significativo acuerdo a la prueba de t al 0.05
- Figura 10** Cambios en fenoles(A), flavonoides (B), actividad antioxidante por DPPH (C), ABTS (D), FRAP (E) y vitamina C (F) en dos variedades de papaya durante su maduración. Cada punto es la media de seis repeticiones y su error estándar. *: significativo de acuerdo a la prueba de t al 0.05.....
- Figura 11** Distribución de plantas en las parcelas experimentales
- Figura 12** Altura de plantas evaluadas durante 8 meses después del trasplante.....
- Figura 13** Diámetro de tallo de plantas evaluadas durante 8 meses después del trasplante.....

INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya* L.) es un árbol frutal perteneciente a la familia Caricaceae, es uno de los cultivos más importantes en las regiones tropicales y subtropicales del mundo, y su origen esta en la Costa del Caribe en América Central, distribuyéndose desde el sureste de México hasta Argentina y Chile (Lal et al., 2016). Actualmente se tienen 468, 731 ha cultivada a nivel mundial y México como quinto productor a nivel mundial (FAOSTAT, 2022).

La papaya es la tercera fruta tropical más consumida en el mundo y por el dinamismo en su comercialización, es considerada una de las más importantes económicamente (Evans y Ballen, 2012). La principal variedad de papaya que se cultivan en México es Maradol, los estados productores más importantes son Veracruz, Chiapas, Oaxaca, Colima, Guerrero y Michoacán. Es un frutal muy aceptado, considerada una de las frutas de mayor valor nutritivo y digestivo, siendo utilizada ampliamente en la dieta básica, consumiéndose principalmente en fresco y en jugo, además de que en el mercado tanto interno como de exportación, presenta alta rentabilidad. El fruto de la papaya es consumido inmaduro o maduro, cultivado y comercializado en más de 60 países, se ha incremento su demanda y popularidad debido a la sensación agradable y sabor de la pulpa del fruto, su valor nutricional y valor terapéutico (Venkatappa y Bhat, 2015). El consumo del fruto proporciona cantidades adecuadas de ácido ascórbico, minerales esenciales como el potasio, hierro, calcio, fosforo.

OBJETIVOS E HIPOTESIS

Objetivo General

Determinar el comportamiento productivo y calidad poscosecha de genotipos de papaya (*Carica papaya* L.) bajo las condiciones edafoclimáticas de Xalostoc, Villa de Ayala, Morelos con la finalidad de recomendar a los productores los mejores materiales.

Objetivos Específicos

1. Determinar el crecimiento, desarrollo y productividad de los genotipos de papaya en Xalostoc, Ayala, Morelos.
2. Determinar la calidad poscosecha y contenido de compuestos bioactivos en frutos de los genotipos evaluados.
3. Determinar la calidad poscosecha y contenido de compuestos bioactivos en frutos de genotipos cultivados y, comercializados en el estado de Morelos.

Hipótesis

1. La calidad poscosecha y contenido de compuestos bioactivos en frutos es diferencial en los genotipos de papaya en Xalostoc, Morelos.
2. La evaluación de los genotipos, puede contribuir a la selección de un material con mejor calidad de frutos y resistencia a enfermedades.
3. La calidad poscosecha y contenido de compuestos bioactivos en frutos es diferencial en los genotipos de papaya cultivados en el estado de Morelos.

Capítulo I

Calidad, vida poscosecha y nutraceuticos de tres variedades de papaya (*Carica papaya* L.)

RESUMEN

México es el tercer país a nivel mundial que comercializa papaya y se tiene consumo percapita importante en el país (7.1 kg). Sin embargo, la diversidad de genotipos disponibles en esta región es nula, debido a que generalmente solo se cultiva y comercializa la variedad Maradol, ya que se desconoce el comportamiento de otros genotipos en estas condiciones edafoclimáticas. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar los cambios físicos, fisiológicos y bioquímicos durante poscosecha de tres diferentes variedades comerciales 'Maradol', 'Maradona' y 'Morada' para proponer tecnologías poscosecha para incrementar su vida de anaquel. Se cosecharon frutos en madurez fisiológica cultivados en Morelos, México y se evaluaron algunos cambios durante 12 días en poscosecha bajo condiciones de laboratorio. Se determinó mayor respiración en 'Morada', mayor pérdida de peso, menor contenido de sólidos solubles y azúcares totales, mientras que los azúcares totales, índice de sabor y la actividad antioxidante por DPPH y FRAP fueron mayor en 'Maradona'. Se obtuvo una pérdida de peso entre 9 y 10%, obteniéndose mayor pérdida en 'Morada'. La concentración de sólidos solubles totales se incrementó en Maradona y Maradol, mientras que en Morada disminuyó a partir del noveno día. La actividad antioxidante por FRAP y ABTS y, Vitamina C, disminuyeron en el transcurso de la evaluación, pero no se detectaron diferencias entre las variedades. La firmeza, disminuyó sin diferencias entre los genotipos 'Maradol' y 'Maradona' cultivados en la región oriente del estado de Morelos, presentan características aceptables de calidad del fruto durante su maduración.

PALABRAS CLAVE: Respiración, pérdida de peso, azúcares totales, índice de sabor.

ABSTRACT

Mexico is the third country that commercializes this fruit in the world and has an important percapita consume (7.1 kg), however few varieties are know, ither tan 'Maradol'. For this reason, physical, physiological and biochemical changes during postharvest of three different commercial varieties 'Maradol', 'Maradona' and 'Morada' were evaluated with the aim of proposing postharvest technologies to increase their useful life. Fruits in physiological maturuty where collected from Morelos, Mexico and some chenges durin ripening were evaluated under laboratory conditions. Higher respiration was determined in Morada as well as greater weight loss, lower total soluble solids and total sugars content, while total sugars, flavor index and antioxidant activity by DPPH and FRAP were higher in 'Maradona'. A weight loss of between 9-10% was obtained, obtaining a greater loss in Morada. The concentration of total soluble solids increased in Maradona and Maradol, while in Morada it decreased from the ninth day. The antioxidant activity of FRAP and ABTS and vitamin C decreased during the evaluation, but no differences were detected between varieties. Firmness decreased without differences between varieties. 'Maradol' and 'Maradona' cultivated in the eastern region of the state of Morelos, present acceptable fruit quality characteristics during ripening.

KEY WORDS: Respiration, weight loss, total sugars, taste index.

1.1. INTRODUCCIÓN

La calidad de los frutos depende de su apariencia externa (color, tamaño, forma y ausencia de daños), firmeza, sabor y aroma, determinado éste último por los componentes volátiles (Pérez *et al.*, 2017). El primer paso para definir la calidad y productividad de un frutal es la selección de los cultivares, debido a que cada atributo de calidad del fruto es altamente regulado por múltiples procesos inherentes al fruto individual; por lo tanto la selección de una variedad adecuada para una particular condición de cultivo y canal de mercado puede influenciar ampliamente su calidad poscosecha (Jiménez *et al.*, 2016).

Algunas características de producción importantes para la selección adecuada de variedades de papaya son la altura de la planta, el número de frutas, la altura de la primera fruta y el peso de la misma, así como también, son importantes las características de calidad del fruto, como sólidos solubles totales, color rojo y firmeza de la pulpa (Bogantes *et al.*, 2018). El color de la cáscara es el indicador más importante en la madurez comercial, la cosecha se realiza cuando los frutos muestran manchas amarillo-naranjas en la parte apical del fruto, este indicador es importante debido a que el fruto es capaz de soportar el transporte a los diferentes puntos de consumo (Alarcón *et al.*, 2022). Otro factor muy importante que compromete la calidad de los frutos son las actividades bioquímicas y fisiológicas involucradas en el ablandamiento, como la alta producción de etileno en los primeros días favorece la aparición de procesos de degradación, proceso que se torna irreversible una vez iniciado (Bibiano *et al.*, 2021)

Las frutas poseen distintos compuestos bioactivos, entre los que destacan los antioxidantes, compuestos de distintas naturalezas químicas, que incluyen a las vitaminas C y E, compuestos fenólicos, carotenoides, entre otros (Hernández *et al.*, 2014). La papaya es una fruta, rica en vitaminas y minerales, sabor y aroma; es la tercera fruta tropical más consumida en el mundo, tiene una riqueza en vitamina C y en provitamina A, en forma de carotenos dentro de las cuales tiene principalmente: betacarotenos, gamma carotenos, épsilon carotenos y criptoxantina, un compuesto que además de transformarse en vitamina A en el organismo humano, presenta propiedad antioxidante (Reyes *et al.*, 2016). Los antioxidantes son moléculas capaces de prevenir o retardar la oxidación de moléculas biológicas como proteínas, lípidos y ácidos

nucleicos. Son de vital importancia para la prevención de la actuación de los radicales libres sobre el organismo; disminuyendo los procesos oxidativos, retardando el proceso de envejecimiento y previniendo el desarrollo de diversas enfermedades. Los compuestos antioxidantes presentes en alimentos pueden ser clasificados como vitaminas, carotenoides, compuestos fenólicos y otros. Junto a las vitaminas, los compuestos fenólicos son considerados importantes componentes antioxidantes, en alimentos como frutas, vegetales, tubérculos y cereales (Rioja *et al.*, 2018).

La actividad antioxidante de la papaya ha tenido un particular interés como una de sus principales propiedades funcionales. Se ha determinado que la actividad antioxidante de esta fruta se debe a la presencia de los compuestos polifenólicos, ácido ascórbico y los compuestos carotenoides en el caso del sistema antioxidante químico (Hernández *et al.*, 2018). Por lo anteriormente descrito, el objetivo de la presente investigación fue evaluar los parámetros fisicoquímicos durante su maduración de tres variedades de papaya cultivadas en la zona oriente del estado de Morelos, con la finalidad de conocer su perfil poscosecha y en futuros trabajos proponer tecnologías poscosecha para incrementar su vida útil.

1.2. MATERIALES Y MÉTODOS

1.2.1. Material vegetal y localización

Se colectaron frutos de tres variedades comerciales de papaya (30 frutos de cada una), en parcelas comerciales establecidas en la región Oriente del estado de Morelos (Cuadro 1). El índice de cosecha utilizado fue cuando los frutos presentaron el cambio de color verde intenso a verde claro con una franja amarilla (Figura 1). Una vez cosechados los frutos se trasladaron al Laboratorio de Producción Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la Universidad autónoma del Estado de Morelos. En el laboratorio se lavaron con agua de la llave, posteriormente, fueron lavados en una solución del fungicida

Eminence® (Procloraz) 2 mL L⁻¹ agua durante un minuto. Los frutos se dejaron secar a temperatura ambiente y posteriormente se envolvieron en papel, manteniéndose en condiciones de laboratorio durante 12 d (22 °C, 60 % HR) hasta alcanzar madurez de consumo.

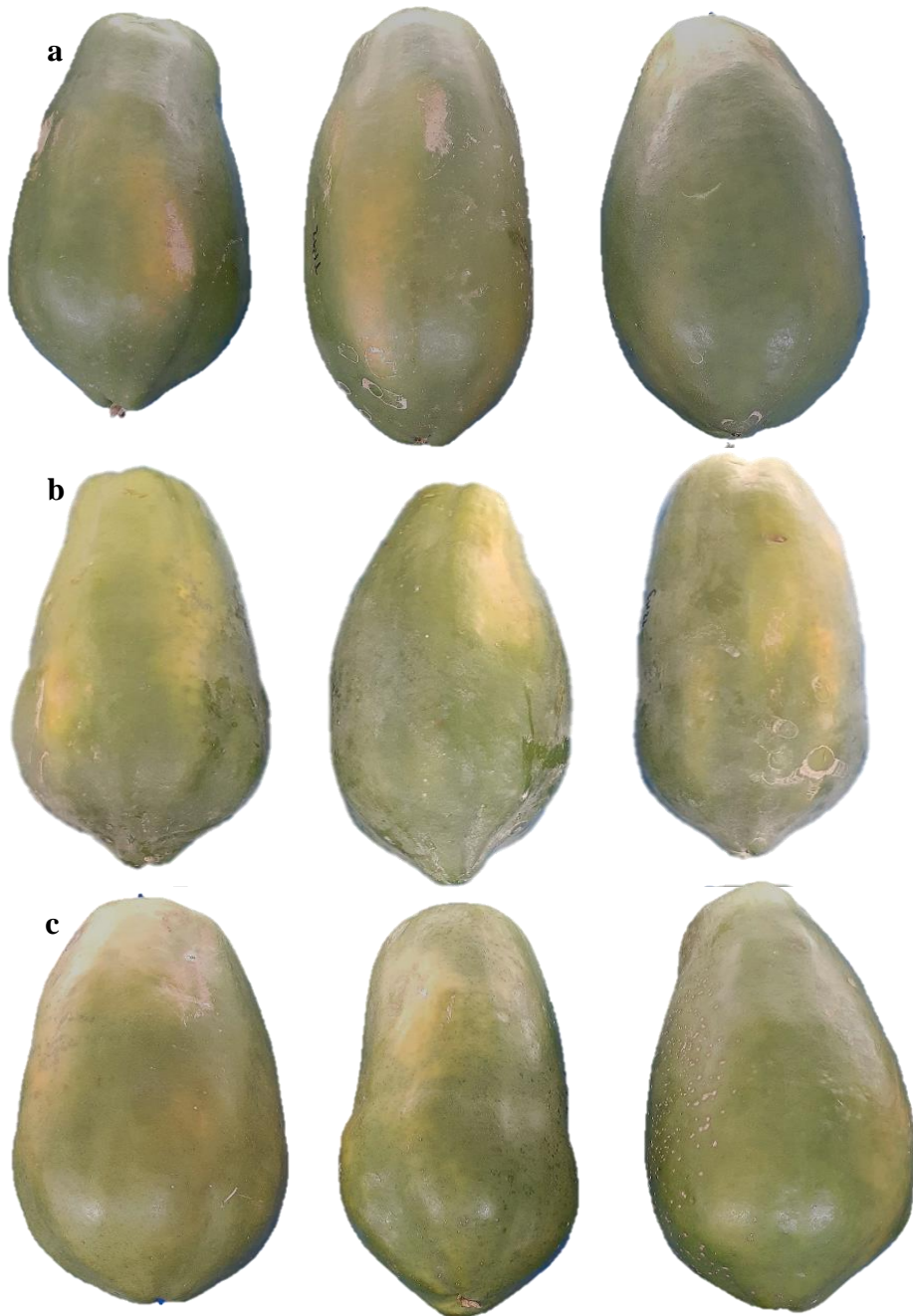


Figura 1. Índice de cosecha de frutos en tres genotipos de papaya, (a) 'Maradol', (b) 'Maradona' y (c) 'Morada'.

Se formaron cinco grupos de seis frutos en cada variedad y se realizaron evaluaciones destructivas de la calidad de los frutos a los 0, 3, 6, 9 y 12 d de iniciado el experimento. Adicionalmente se utilizaron otros seis frutos por variedad para determinar las variables no destructivas, las mediciones de estas variables fueron diariamente. El diseño experimental fue uno completamente al azar, considerando un fruto como la unidad experimental y teniendo seis repeticiones.

Cuadro 1. Localización geográfica de los sitios de colecta

Localidad	Variedad	Coordenadas geográficas	Fecha de colecta
Xalostoc, Villa de Ayala	'Morada'	18°44'39.0"N 98°54'28.9"W	13/07/2020
Axochiapan	'Maradol'	18°33'41.6"N 98°48'36.0"W	13/07/2020
Santa Cruz, Joaquín Camaño	'Maradona'	18°29'43.9"N 98°48'26.8"W	13/07/2020

1.2.2. Variables evaluadas no destructivas

La velocidad de producción de la respiración y producción de etileno fueron cuantificados en un sistema estático (Salveit et al., 2016) que consistió en colocar un fruto previamente pesado, en un recipiente de plástico con capacidad de 5 L, cerrados herméticamente durante 2 h. Posteriormente, se tomó 1 mL del espacio de cabeza a través de la septa del recipiente, para inyectarlo a un cromatógrafo de gases (Agilent Technologies 7890A GC), con una columna tipo abierta con empaque de capa porosa de sílica conectada simultáneamente a un detector de ionización de flama (170 °C) y otro de conductividad térmica (170 °C), como gas acarreador se utilizó N₂ (2 mL min⁻¹). El inyector y horno del cromatógrafo mantuvieron una temperatura de 150 y 80 °C, respectivamente. La cuantificación se realizó mediante estándares de CO₂ (460 ppm) y etileno (100 ppm) (Quark INFRA®).

El peso de los frutos se determinó individualmente con una balanza digital (OAHUS®, EUA) y posteriormente se determinó la pérdida de peso con la fórmula: Pérdida de peso acumulada (%) = $(P_i - P_f / P_i) * 100$, donde P_i = peso inicial y P_f = Peso final.

En la epidermis de cada fruto se seleccionaron tres puntos a lo largo del fruto y se evaluaron los parámetros de color: luminosidad (L), ángulo de matiz (hue) y cromaticidad (croma) con un espectrofotómetro de esfera manual X-Rite® (mod 3290, USA) (Neguerula, 2012).

1.2.3. Variables destructivas

La firmeza de los frutos se cuantificó como la fuerza de penetración expresada en Newton. Se utilizó una estación de prueba (EZ-Test®, Japón) con base automática adaptada con una puntilla de 3 mm de diámetro. La firmeza se obtuvo al ejercer una presión del punzón del equipo sobre la superficie del fruto, a una profundidad de 6 mm.

Los parámetros de color de la pulpa luminosidad (L^*), ángulo de matiz (h) y cromaticidad (C^*) se determinaron al seccionar los frutos a la mitad y posteriormente en tres partes a lo largo del fruto (Neguerula, 2012). Se utilizó un espectrofotómetro manual X-Rite® (mod 3290, EUA).

Los sólidos solubles totales se determinaron a partir de tres gotas de jugo, colocadas en un refractómetro digital (ATAGO PAL-1®, Japón) los resultados se reportaron en °Brix. La acidez titulable se determinó de acuerdo con Helrich (1990), donde se pesó 1 g de pulpa, la cual se homogenizó con 10 mL de agua destilada con un Ultraturax® (IKA, EUA) filtrándose posteriormente en papel filtro, donde cinco mL del filtrado se titularon con NaOH 0.1 N, usándose fenolftaleína como indicador, los resultados se expresaron como porcentaje de ácido cítrico. El índice de sabor se evaluó como la proporción de sólidos solubles totales y acidez titulable.

La vitamina C, se determinó utilizando la metodología propuesta por Jagota y Dani

(1984), donde 4 mL de una solución de ácido tricloroacético al 10 % (p/v) se adicionaron a una muestra de 1 g de pulpa de frutos de papaya y 10 mL de agua destilada, y se homogenizaron con un Ultraturrax (IKA®, EUA). La mezcla se colocó en baño de hielo por 5 min y se centrifugo por 5 min a 4 000 g. Después se realizó una mezcla de reacción con 0.5 mL del sobrenadante, 1.3 mL de agua doble destilada y 0.2 mL de una solución diluida del reactivo de Folin-Ciocalteu, se dejó en reposo durante 10 min y se tomó la lectura en un espectrofotómetro (GENESYS® 10S Uv-Vis, EUA) a una absorbancia de 760 nm. Se utilizó una curva de calibración con ácido ascórbico para determinar la concentración en las muestras.

Los compuestos fenólicos se determinaron usando la metodología de Folin-Ciocalteu (Singleton et al., 1999). Se homogenizo 1 g de pulpa por repetición, en un tubo de ensaye con ayuda de un Ultra Turrax (IKA®, EUA), con 15 mL de agua destilada y posteriormente se filtró. Se extrajeron 0.5 mL del filtrado obtenido y en un tubo de ensaye se mezclaron y agitaron con 2.5 mL de Folin-Ciocalteu (1:10), dejándose en reposo durante 5 min, posteriormente se adicionaron 2 mL de carbonato de sodio (NaCO₃) al 7.5% (p/v) agitándose y dejándose en reposo en oscuridad durante dos horas. Las lecturas se realizaron en un espectrofotómetro (GENESYS® 10S Uv-Vis, EUA) a 760 nm.

Para la determinación de flavonoides totales se utilizó la metodología de Arvouet-Grand et al. (1994), se pesó 1 g de pulpa por repetición, y se añadieron 10 mL de metanol, homogenizándolo con un Ultraturrax (IKA®, EUA) para posteriormente centrifugarse a 4 °C durante 15 min a 10 000 rpm. A partir del sobrenadante centrifugado se tomaron 2 mL de muestra y se mezclaron con 2 mL de tricloruro de aluminio (AlCl₃) al 2 % (p/v), dejándose reposar por 15 min en oscuridad. Las lecturas de absorbancia se realizaron a 415 nm, con un espectrofotómetro (GENESYS® 10S Uv-Vis, EUA).

Para la evaluación de carotenoides totales se utilizó la metodología descrita por Suárez et al. (2017) se pesó 1 g de pulpa y se homogenizo utilizando 15 mL de acetona fría, posteriormente se filtró en vasos de precipitados con papel filtro y un embudo, luego en

un embudo de separación se agregó el filtrado, 30 mL de hexanos y 100 mL de agua destilada, se agito vigorosamente y se dejó reposar, una vez reposada la mezcla, se separó en dos fases, obteniendo en la fase superior los carotenoides en hexanos, mientras que en la fase inferior estuvo contenida la acetona con el agua, esta última fase se eliminó del embudo y, posteriormente se le hicieron 4 enjuagues para eliminar los restos de acetona, eliminando únicamente la fase inferior, después de eliminar los restos de acetona se sacó la fase superior del embudo y, se filtra en probetas para medir su volumen final, en el papel filtro utilizado se agregó una capa de sulfato de sodio anhidro, para eliminar los restos de agua que puedan ir en la muestra, medido el volumen obtenido, se extrajeron parte de la muestra para leer su absorbancia a 452 nm en un espectrofotómetro.

La determinación de actividad antioxidante por el método de DPPH se realizó la metodología propuesta por Brand et al. (1995), donde se obtuvieron extractos al pesar 1 g de pulpa y se homogenizo con agua destilada (1:15) el cual se filtró con papel filtro. La reacción se realizó al colocar en tubos de ensaye, 3 mL de una solución de DPPH metanólica (0.0024 g DPPH/ 100 mL metanol al 80 %) y se hizo reaccionar con 0.1 mL del extracto obtenido, la mezcla se dejó reposar durante 15 min en oscuridad, y se leyó a una absorbancia de 517 nm.

La actividad antioxidante por el método de ABTS descrito por Re et al. (1999), donde se preparo ABTS 0.0383 g en 10 mL⁻¹ agua destilada, y persulfato de potasio (K₂S₂O₈) 0.066 g en 100 mL de agua destilada y se mezclaron en proporción 1:1, se dejó reposar durante 16 h, y posteriormente se diluyo con etanol al 20 % hasta alcanzar una absorbancia de 0.7 ± 0.02 a 734 nm. Se agregaron 3 mL de ABTS con 0.1 mL de muestra y se dejaron reaccionar durante 15 min, se realizaron lecturas de absorbancia a 734 nm.

Para determinar la actividad antioxidante por el método de FRAP, se empleó la metodología desarrollada por Benzie y Strain (1996), donde se preparó el reactivo FRAP (TPTZ, HCl, FeCl₃ y acetato de sodio), se mezcló 1.9 mL de FRAP con 100 µL de muestra, dejándose reaccionar durante 15 min en incubación a 37 °C y transcurrido el

tiempo se leyó la absorbancia a 593 nm.

La determinación de azúcares totales se realizó mediante el método de antrona/sulfúrico (Whitam et al., 1971), se pesó 1 g de pulpa, y se colocó en un frasco de vidrio, donde se agregaron 50 mL de etanol al 80 %, colocándose sobre una parrilla caliente hasta que se llevó a ebullición, dejándose 5 min hirviendo. Se retiró el frasco del calor, y se guardó debidamente tapado en refrigeración (5 °C) durante 15 d, transcurridos el tiempo, se filtró el contenido del frasco y se midió el volumen final del sobrenadante obtenido, del cual se tomaron 1 mL y se depositaron en vasos de precipitados hasta evaporarse, evitando que se caramelizara, una vez evaporado se le añadieron 15 ml de agua destilada para recuperar los azucares de la muestra. Para el procedimiento se tomaron 0.5 mL de muestra y se diluyeron en 1 mL de agua destilada en un tubo de ensaye, posteriormente se mezclaron con 3 mL de reactivo antrona, se agitaron en un vórtex, y se colocaron en gradillas inmersos en agua fría (10-15 °C), una vez enfriada la mezcla se sometió a ebullición en baño maría durante 3 min, transcurrido el tiempo se dejó enfriar y tomaron lecturas de la solución a 600 nm.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante una prueba de t entre las dos variedades utilizando el programa Sigma Plot V. 14.0 (SigmaPlot, San Jose, Ca). Se presentan graficas del comportamiento de las variables evaluadas con la media de las observaciones y su error estándar realizadas con el programa Sigma Plot®.

1.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables Evaluadas

Velocidad de respiración y producción de etileno

Los frutos de 'Maradona' mostraron la menor velocidad de respiración comparada con 'Maradol' y 'Morada' (Figura 2 A). El máximo climaterio se observó entre los 5 y 6 días en las tres variedades (Figura 2A). La respiración del fruto es un excelente indicador de la actividad metabólica del tejido y por lo tanto una guía útil del potencial de su vida de almacenamiento (Wills y Golding, 2016). Así, la variedad 'Morada' sugiere que puede presentar mayor vida poscosecha.

La producción de etileno se detectó en 'Morada' desde el primer día de evaluación, alcanzado su máximo de producción a los 12 d de evaluación (Figura 2 B). En 'Maradol' y 'Maradona' el etileno se detectó hasta los siete y 11 d, alcanzado el máximo a los 11 d en ambas variedades (Figura 2 B). El mayor tiempo en alcanzar la máxima producción de etileno en 'Maradona' sugiere una menor velocidad de maduración, ya que se ha reportado que el etileno estimula la maduración, y regulación de cambios en el color, aroma y sabor atribuidas a la expresión coordinada de varios genes asociados (Soares et al., 2021). Facanha et al. (2019) indica que en papaya 'Golden' la máxima producción ocurre en el día 6 almacenado a 22 °C; esto indica una mayor velocidad de maduración que las variedades evaluadas en el presente trabajo y sugiere la diversidad de respuestas en la maduración debidas a la variedad estudiada.

Pérdida de peso

La pérdida de peso se incrementó linealmente durante el periodo de evaluación en las tres variedades (Figura 2 F). 'Morada' mostró mayor pérdida de peso con 11.4 % en los 12 días de evaluación y 0.95 % d⁻¹ (Figura 2 F). Las variedades 'Maradol' y 'Maradona' tuvieron menor pérdida de peso entre 10 y 10.2 %, con 0.83-0.85 % d⁻¹ (Figura 2 F). Sin embargo, el análisis de varianza no detectó diferencias significativas (Figura 2 F). Nunes

(2008) indica que la pérdida de peso se incrementa debido a la pérdida de agua y esta se incrementa durante el almacenamiento, y es la cicatriz del pedúnculo, los estomas y la cutícula por donde hay mayor pérdida de agua, y pérdida de peso entre 4.5 y 8 % son causantes de grandes daños en la piel. En las variedades evaluadas la pérdida de peso fue mayor a 10 %, sin detectarse efectos negativos en el epicarpio (Figura 6), por lo que es probable las condiciones ambientales donde se cultivaron ayuden a su menor deterioro.

Color de epicarpio

Se detectaron diferencias significativas en los parámetros de color en las tres variedades (Figura 2 C, D y E). La luminosidad inicialmente fue moderada ($L^* = 40.2 - 45.8$) incrementándose constantemente hasta alcanzar valores máximos a los ocho ($L^* = 55$), seis ($L^* = 58.1$) y cuatro ($L^* = 56.4$) días en 'Maradol', 'Maradona' y 'Morada' (Figura 2 C).; posteriormente la luminosidad disminuyó hasta entre $L^* = 49.6$ y 54.8 a los 12 días, donde 'Maradona' mantuvo la luminosidad por mayor tiempo.

La cromaticidad o pureza del color mostró similar comportamiento que la luminosidad, ya que inicialmente estuvo entre $C^* = 25 - 30$, indicando frutos opacos, posteriormente la pureza del color se incrementó alcanzando máximos a los ocho ($C^* = 48.1$), seis ($C^* = 48.5$) y seis ($C^* = 46.3$) días en 'Maradol', 'Maradona' y 'Morada', respectivamente; posteriormente la cromaticidad de 'Maradona' y 'Maradol' se mantuvo en valores similares, no así en los frutos de 'Morada' donde la cromaticidad se hizo más opaca $C^* = 40.3$ (Figura 2 D). Finalmente, el matiz inicialmente indicó que los frutos mostraron tendencia al color verde ($h = 105.5 - 108.8$), y posteriormente hacia el naranja ($h = 45 - 49.3$), con mayor velocidad en 'Maradona' y 'Morada' comparada con 'Maradol' (Figura 2 E).

Santamaría et al. (2009) reportaron que los parámetros de color en la piel de 'Maradol' cultivadas en Yucatán, México, incrementan su luminosidad (de $L^* = 40$ a 58), pureza (de $C^* = 31$ a 50) y cambia de un color tendiente al verde a uno cercano al amarillo (de $h = 120 - 78$). En tanto que, frutos de 'Maradol' cultivados en Oaxaca, México los parámetros de

color cambian de $L^* = 40$ a 60 , la pureza de $C^* = 28$ a 60 y el matiz de $h = 115$ a 60 (Barragán-Iglesias et al., 2018). En el presente experimento el color durante la maduración de 'Maradol' es similar al desarrollado en Oaxaca. En 'Maradona' se ha reportado valores de la epidermis del fruto cercano al naranja ($h = 40-42$) o tendiente al amarillo ($h = 79$) (Brouwer et al., 2019; Vázquez-García y Balatero, 2019). Sin embargo, el presente trabajo es el primer reporte con mayor detalle del proceso de maduración en 'Maradona' y 'Morada' (Figura 3).

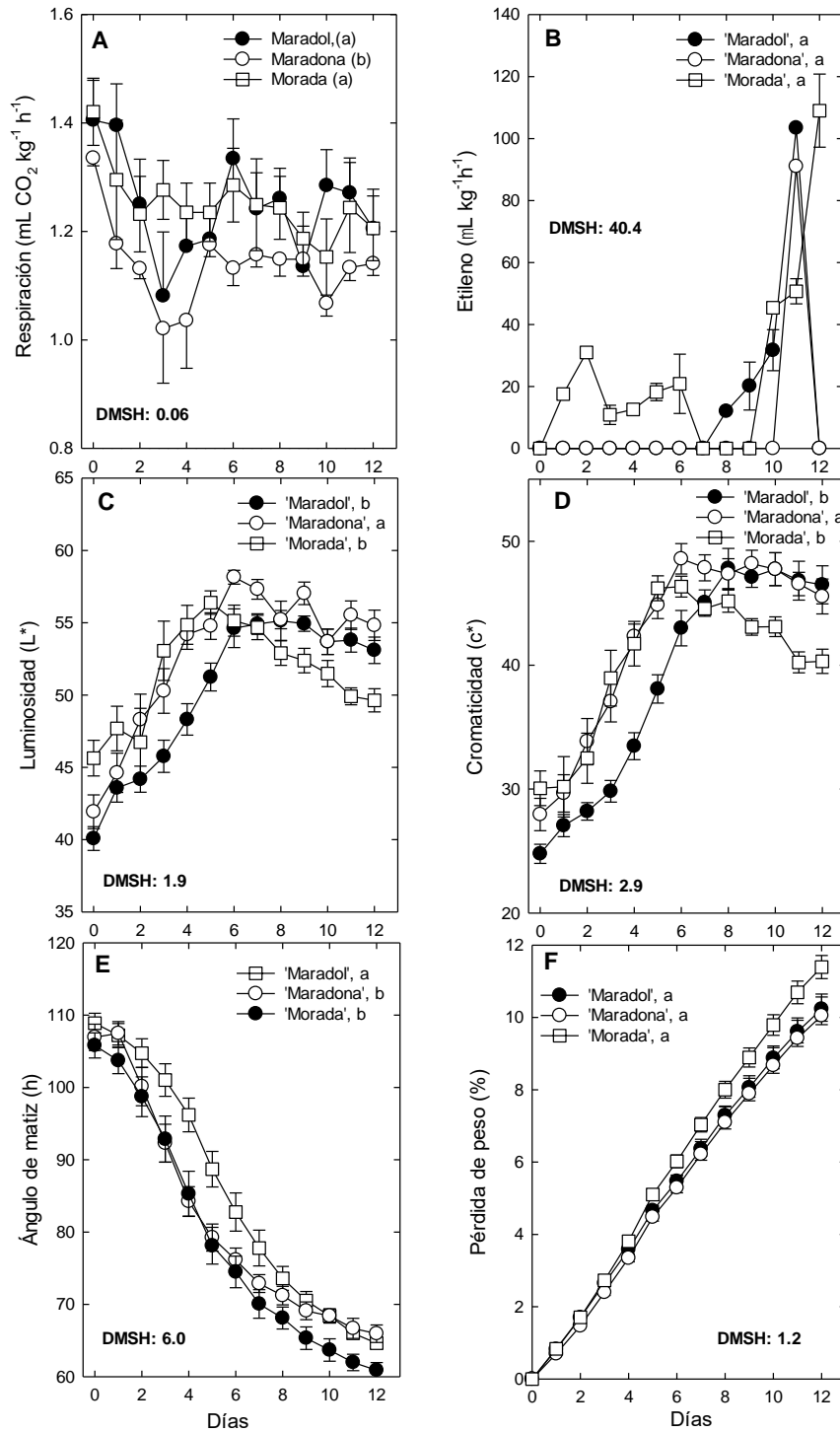


Figura 2. Cambios diarios en la velocidad de respiración, producción de etileno, parámetros de color y pérdida de peso en tres variedades de papaya, cultivadas en Morelos, México. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar.

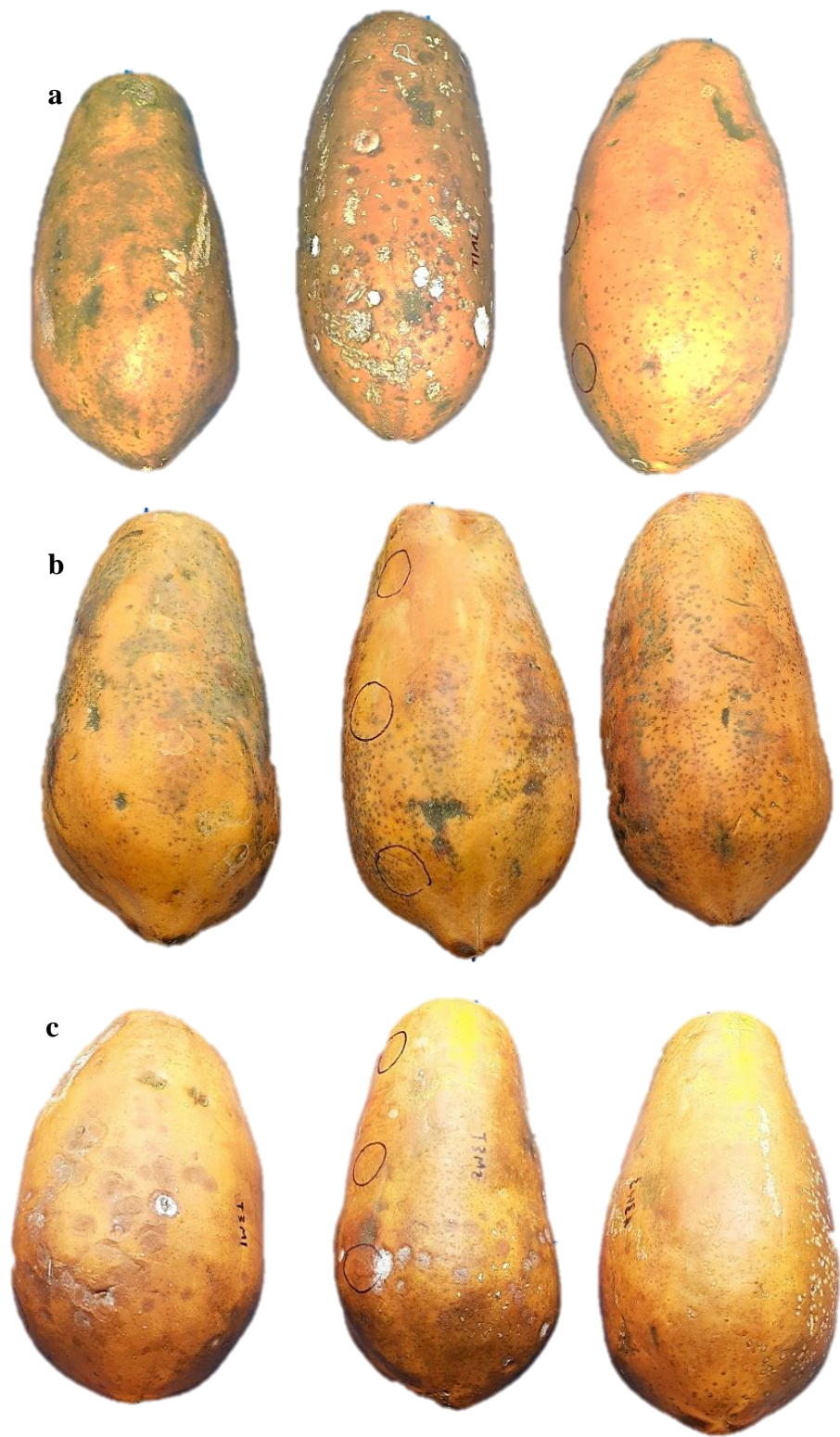


Figura 3. Maduración de frutos después de doce días de cosecha (a) 'Maradol', (b) 'Maradona' y (c) 'Morada'

Sólidos Solubles Totales (SST)

El contenido de sólidos solubles totales fue significativamente mayor en 'Maradona' que respecto a 'Maradol' y 'Morada' (Figura 4 A). En las tres variedades los SST se incrementaron durante la maduración, así en 'Maradol' se incrementó de 10.8 a 11.2 °Brix, en 'Maradona' de 10.2 a 11.2 °Brix y en 'Morada' de 8.4 a 9.7 °Brix durante los 12 días de evaluación (Figura 4 A). En la maduración de frutos de papaya 'Maradol' se reporta que los SST se incrementan de 6-8 a 11-12 °Brix cultivadas en Yucatán (Santamaría et al., 2009), mientras que en frutos de papaya Maradol cultivados en Oaxaca se han obtenido valores de 8.2 a 12.8 ° Brix (Barragán-Iglesias et al., 2018) y en Tamaulipas se reporta hasta 15 °Brix (Vázquez-García y Balatero, 2019) en Maradol. En Maradona se reportan valores de SST de 14.5 °Brix (Vázquez-García y Balatero, 2019), estos valores presentados en otras investigaciones, son superiores a los presentados en esta Investigación, los cuales se le pueden atribuir al manejo agronomico dado por los productores, así como a las condiciones edafoclimaticas presentes en la región.

Acidez titulable

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en esta variable donde se encontró un valor mayor en 'Maradol' (Figura 4 B). Escasos cambios se observaron durante el periodo de evaluación, en 'Maradol' se mantuvo entre 0.23 y 0.27 %, en 'Maradona' entre 0.19 y 0.24 % y en 'Morada' entre 0.21 y 0.26 % (Figura 3 B). Barragán-Iglesias *et al.*, (2018) la AT cambia durante la maduración en planta de 0.06 a 0.11 %, y no se tienen reportes de esta variable en 'Morada' y 'Maradona'.

Índice de sabor

El índice de sabor indicó que 'Maradona' fue la más dulce comparada con 'Maradol' y 'Morada' (Figura 4 C). El índice de sabor se incrementó durante la maduración, en 'Maradol' cambio de 41.4 a 47.4, en 'Maradona' de 43.8 a 53.2 y en 'Morada' de 33 a 46 (Figura 4 C). Iglesias-Barragán et al. (2018), indican que la proporción SST/AT durante

la maduración en planta de papaya 'Maradol' se incrementa de 127.9 a 129.5.

Firmeza

La firmeza disminuyó drásticamente en las tres variedades de 94-101 N al inicio de las evaluaciones a 43-78 N después de cuatro días, ya en el sexto día la disminución de firmeza fue entre 25 y 35 % del valor inicial y en el último día de evaluación la firmeza fue entre 13 y 15 N (Figura 4 D). Santamaría et al. (2009), reportaron que durante la maduración de 'Maradol' disminuye de 130 N a 10-20 N, siendo resultados similares a los observados en el presente trabajo.

Azúcares totales

La variedad 'Maradol' mostró la mayor acumulación de azúcares totales con 26.8 mg g⁻¹ al sexto día de evaluación, 'Maradona' acumuló 23.8 mg g⁻¹ después de 12 d y 'Morada' mostró valores menores, entre 12 y 16.3 mg g⁻¹, indicando poco incremento de estas moléculas (Figura 4 E). Los azúcares totales se incrementan entre 1 y 2 %, durante la maduración de frutos de papaya (Paull, 1993). Zhou y Paull (2001), evaluaron el contenido de azúcares totales en cinco variedades durante siete días después de la cosecha, observaron variabilidad entre las variedades, los autores atribuyeron a que los frutos fueron colectados de diferentes localidades y plantas de diferente vigor y edad.

Carotenoides totales

Entre el inicio de la evaluaciones y 12 días después el contenido de carotenoides en la pulpa de los frutos de papaya se incrementó 2.28 en 'Maradol' y 1.6 en 'Maradona' y 'Morada' (Figura 4 F). 'Maradol' mostró entre 1.3 y 1.8 µg. 100 g⁻¹ más carotenoides que 'Maradona' y 'Morada' (Figura 4 F). El contenido y composición de carotenoides depende en gran medida de los cultivares y zonas de cultivo (Jing et al., 2015). En papaya 'Maradol' de color de la pulpa roja exhibe grandes beneficios nutricionales debido a una mayor acumulación de licopeno, criptoxantina y caroteno (Gayosso-García et al., 2011).

En 'Morada' y 'Maradona', aun no se han realizado los perfiles de carotenoides.

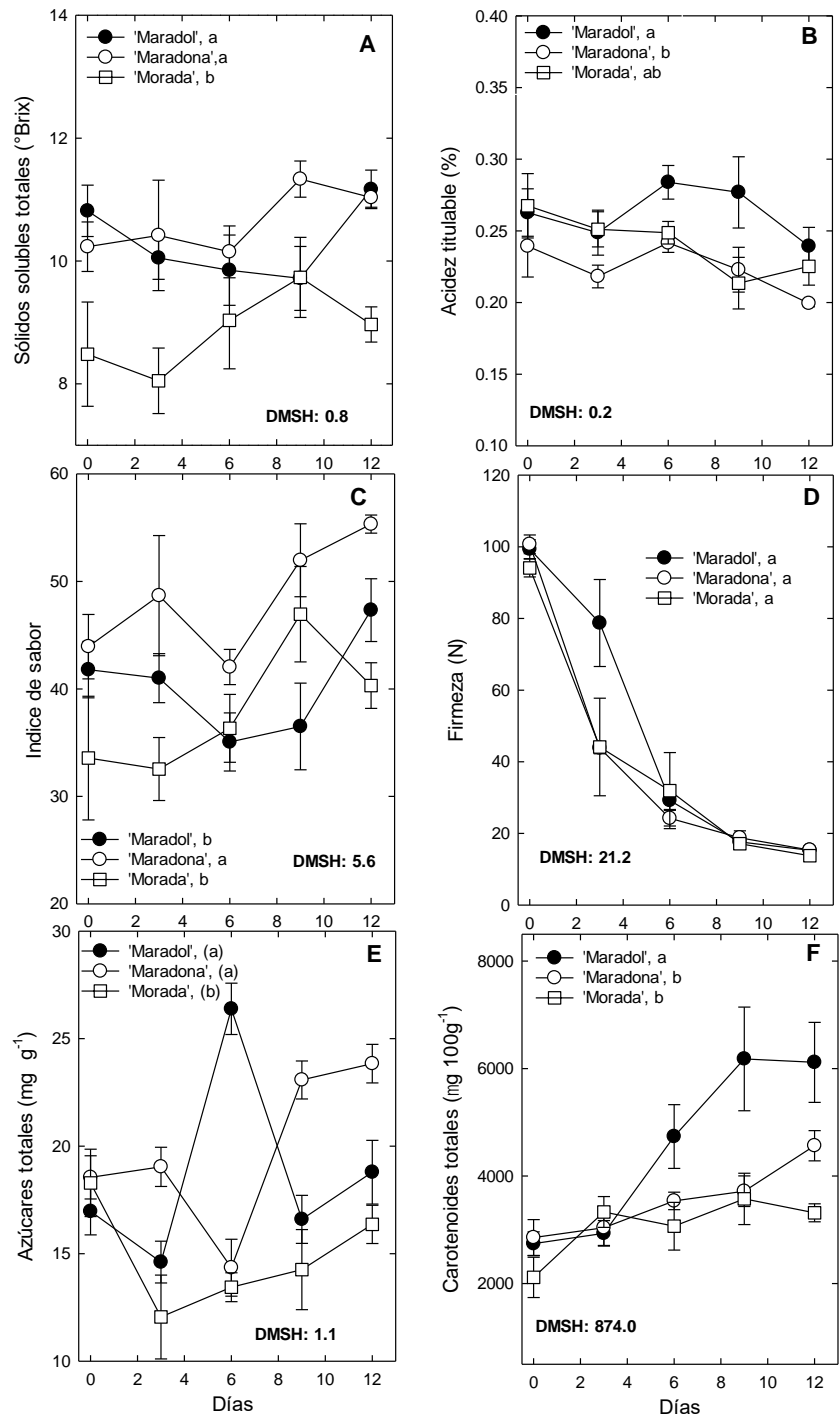


Figura 4. Cambios diarios en características químicas y calidad en tres variedades de

papaya, cultivadas en Morelos, México. Cada punto representa la media de seis

Color en pulpa

No se detectaron diferencias significativas entre las variedades relacionados a los parámetros de color en pulpa (Figura 5). Durante el periodo de evaluación, la luminosidad de la pulpa cambio de tendencia al blanco ($L^* = 62-65$) al negro ($L^* = 50-52$); la pureza del color disminuyó de tendencia al gris ($C^* = 28-33$) hacia colores más vivos ($C^* = 43-45$); y finalmente el color cambio de mayor cercanía al amarillo ($h = 64-68.6$) a mayor tendencia al naranja-rojo ($h = 45-49$) (Figura 5). Se detectó correlación negativa alta y significativa entre el contenido de carotenoides y el matiz en la pulpa de 'Maradol' ($r = -0.95^*$), no así en 'Maradona' ($r = -0.53^{ns}$) y 'Morada' ($r = 0.83^{ns}$), por lo que el incremento de carotenoides en la pulpa se refleja en una disminución del color amarillo al naranja, y más evidente en 'Maradol'. Zhou y Paull (2001) reportan similar comportamiento.

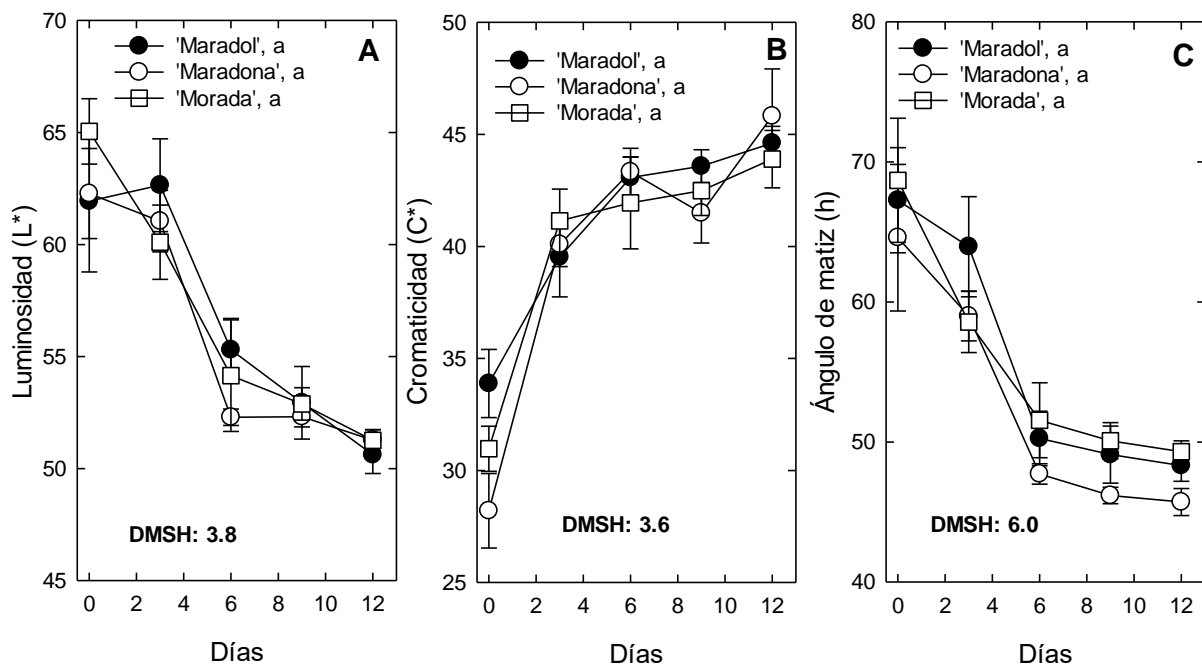


Figura 5. Cambios en parámetros de color en la pulpa de tres variedades de papaya, cultivadas en Morelos, México. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar.

Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos disminuyeron durante la maduración en los frutos de 'Maradol' y 'Morada' de 36 a 17 y de 27 a 18.5 mg EAG 100g⁻¹; en tanto que en 'Maradona' se mantuvieron entre 22 y 34 mg EAG 100g⁻¹ (Figura 6 B). 'Morada' mostró los valores menores de los compuestos fenólicos. Gayosso-García et al., (2011), indican que los compuestos fenólicos disminuyen durante la maduración y las principales moléculas son: ácido ferúlico, ácido p-cumárico y ácido cafeico; estas moléculas se han relacionado con beneficios a la salud humana.

Flavonoides

Los flavonoides totales se incrementaron en la maduración de 'Maradol' y 'Maradona' de 6.3 a 10.2 y 7.8 a 11.5 mg EQ 100g⁻¹, no así en 'Morada' que se mantuvo entre 7 y 8 mg EQ 100g⁻¹ (Figura 6 B). En la variedad de papaya 'Soursop' se reportaron entre 1 a 3 mg 100g⁻¹ de flavonoides (Thanaraj y Terry, 2011). En 'Maradol', 'Maradona' y 'Morada' se determinó entre 3 y 10 veces más a lo reportado, los flavonoides se han asociado con diferentes beneficios por su consumo. Sin embargo, son necesarios más estudios con papaya para determinar mejor sus propiedades benéficas (Gayosso-García et al. 2018).

Actividad Antioxidante

No se detectaron diferencias significativas en la actividad antioxidante entre las tres variedades evaluadas (Figura 6 C, D y E). En general, la actividad antioxidante evaluado por DPPH disminuyó durante la maduración, de entre 42-57 mg EAA 100g⁻¹ a 11-20 mg EAA 100g⁻¹ (Figura 5 C). En la actividad por ABTS la actividad en 'Maradol' y 'Maradona' alcanzaron la mayor actividad a los cuatro y seis días, y posteriormente disminuyó, en tanto que en 'Morada' la actividad disminuye constantemente (Figura 6 D). La actividad por FRAP, inicialmente disminuyó durante cuatro días, posteriormente se incrementó alcanzando máximos entre los seis y nueve días, para posteriormente disminuir (Figura 6 E). Recientemente, Alina et al. (2021), determinaron que la actividad antioxidante es

mayor en extractos de pulpa madura que en cualquier otra estructura del fruto maduro o inmaduro. Por lo que se considera que el consumo de la papaya ayuda en su salud a quienes la consuman.

Vitamina C

No se detectaron diferencias significativas entre las variedades por el contenido de Vitamina C (Figura 6 F). En todas las variedades la vitamina C disminuyó entre 20 y 49 % durante la maduración (Figura 6 F). En frutos de papaya 'Tainung' la vitamina C se incrementa ligeramente durante la maduración de 59 a 60.4 mg 100g⁻¹ (Paternina et al., 2022). Las diferencias se atribuyen al método utilizado y a la variedad.

En general los resultados sugieren que 'Maradona' es una variedad con buenas características de calidad y aporte nutricional y nutraceútico que puede competir con 'Maradol'. Actualmente, 'Maradona' es la principal variedad de papaya que se exporta de México a EUA y también se comercializa a Europa (Brower et al., 2019).

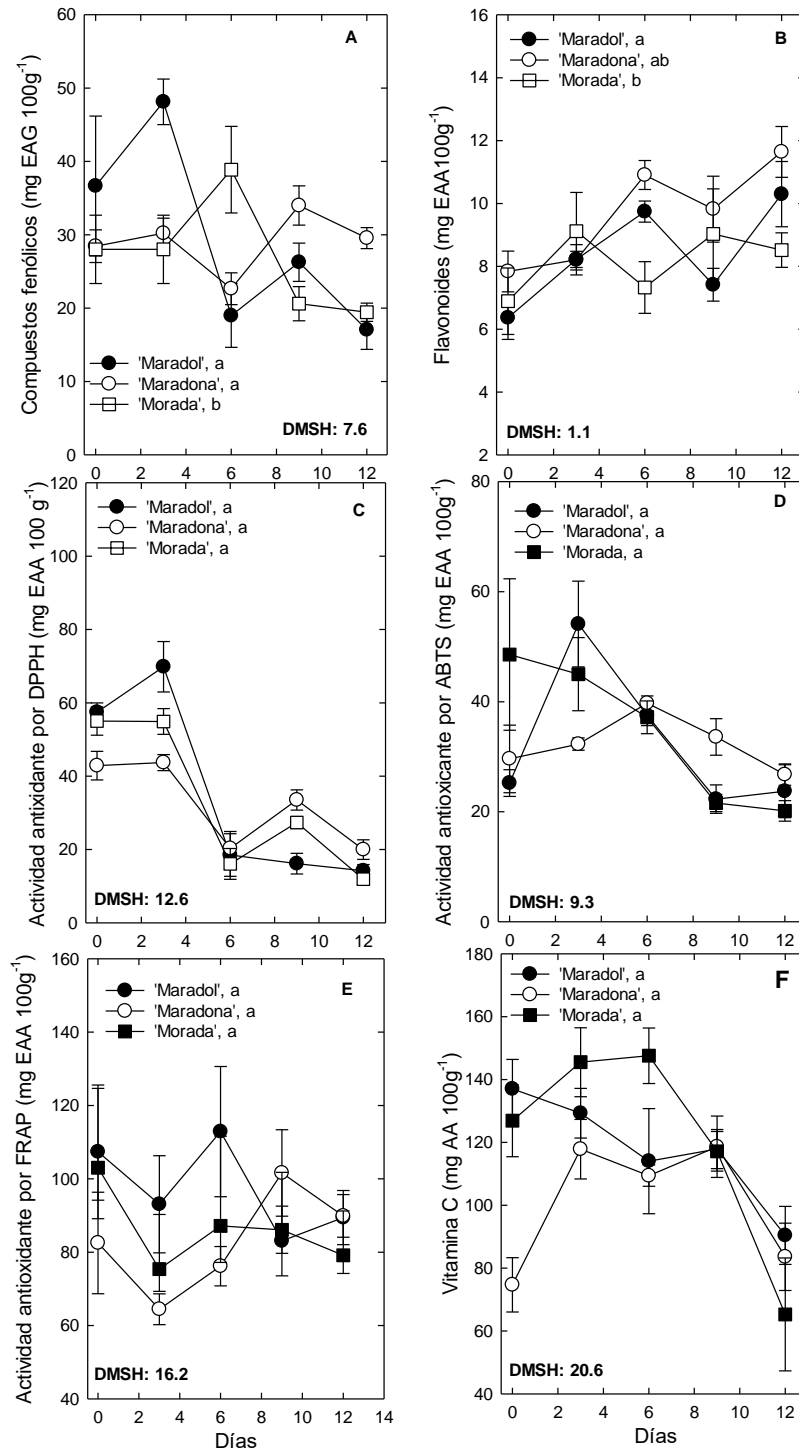


Figura 6. Cambios en fenoles, flavonoides, vitamina c y actividad antioxidante en pulpa de tres variedades de papaya, cultivadas en Morelos, México. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar.

1.4. CONCLUSIONES

Se detectaron diferencias entre las variedades evaluadas en sus características físicas, químicas y fisiológicas. 'Maradona' mostró menor respiración, retraso de producción de etileno, menor pérdida de peso, mejor color de epidermis, mayor índice de sabor y mayor contenido de compuestos fenólicos acercándose a los parámetros de la Variedad Maradol.

1.5. LITERATURA CITADA

- Alarcón, P. S. A.; Hernández, S.; M. de L. L.; González, C. J. C.; Enríquez, G. F. y Velázquez, G. E. P. 2022. Producción y manejo del cultivo de papaya (*Carica papaya* L.). *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 10(1), 164–169.
- Alina, I. O.; Bala M.; Gligor, D.; Zippenfening, S. E.; Ioan, M. C.; Ionut, M. P.; Ioan, H. D.; Hadaruga, N.G., Ravis, M. 2021. A DPPH• kinetic approach on the antioxidant activity of various parts and ripening levels of papaya (*Carica papaya* L.) ethanolic extracts. *Plants*, 10, 1679.
- Arvouet-Grand, A.; Vennat, B.; Pourrat, A. y Legret, P. 1994. Standardisation dun extrait de propolis et identification des principaux constituents. *J. Pharm. Belg.* 49, 462–468.
- Barragán-Iglesias, J.; Méndez-Lagunas, L. L. y Rodríguez-Ramírez, J. 2018. Ripeness indexes and physicochemical changes of papaya (*Carica papaya* L. cv. Maradol) during ripening on-tree. *Sci. Hort.*, 236: 272-278.
- Benzie, I. F., J. J. Strain. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant Power": The FRAP assay. *Anal. Biochem.* 239: 70-76.
- Bibiano-Nava O, Hernández-Castro E, Ariza-Flores R, Maldonado-Peralta MA, SarabiaRuiz G, Valenzuela-Lagarda JL (2021) Calidad en frutos de variedades de *Carica papaya* L. bajo manejo orgánico. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* Núm. Esp. II: e2965. DOI: 10.19136/era.a8nII.2965.
- Bogantes, A. y Newcomer, E. 2018. Comportamiento productivo de híbridos de papaya (*Carica papaya* L.) en Guápiles, Costa Rica. *Alcances Tecnológicos*, 8. 29-38.
- Brand, W. W.; Culivier M. E. y Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate

antioxidant activity. LWT-Food Sci. Technol. 28: 25-30.

Brouwer, B.; Nijenhuis-de Vries M.; Silva, F. P.; El Harchioui, N., Gabriëls, S. 2019. Postharvest quality of different papaya cultivars. Holanda: Wageningen Food & Biobased Research.

Gayosso-García, L. E.; Vela-Gutiérrez, G. y García, H.S. 2018. Papaya (*Carica papaya*). In: Yahia, E.M. (ed.), Fruit vegetable phytochemicals: chemistry and human health, pp: 1163-1172. Chichester: Wiley Blackwell.

Gayosso-García, S. L.; Yahia, E. M. y González-Aguilar, G. 2011. Identification and quantification of phenols, carotenoids, and vitamin C from papaya (*Carica papaya* L., v Maradol) fruit determined by HPLC-DAD-MS/MS-ESI. Food Res. Int. 44: 1284.1291.

Helrich, K. 1990. Official Methods and Analysis. (Arlington: Association of Official Analytical Chemists).

Hernández, V. J.; Fernández, V. y Sulbarán, B. 2014. Caracterización fisicoquímica, actividad antioxidante y contenido de polifenoles totales en pulpa de lechosa (*Carica papaya*). Observador del Conocimiento. Revista OC. 2. 195-202.

Jiménez, Z. J. O.; Balois, M. R.; Alía, T. I.; Juárez, L. P.; Sumaya, M. M. T. y Bello, L. J. E. (2016). Caracterización de frutos de guanábana (*Annona muricata* L.) en Tepic, Nayarit, México. Rev. Mex. Ciencias Agríc., 7(6),1261-1270.

Jing, G.; Li, T.; Qu, H.; Yun, Z.; Jia, Y.; Zheng, X. y Jiang, Y. 2015. Carotenoids and volatile profiles of yellow – and red-fleshed papaya fruit in relation to the expresión of carotenoid cleavage dioxygenase genes. Postharv. Biol. Technol. 108: 114-119.

Negueruela, Á. I. 2012. Is the color measured in food the color that we see?. In: Color in food. Technological and Psychophysical aspects. Caivano, J. L. y Buera, M.P. (Eds.) CRC Press. 99: 81-91.

Nunes, M. C. N. 2008. Color atlas of postharvest quality of fruits and vegetables. EUA: Blackwell.

Paull, R. E. 1993. Pineapple and papaya. In: Biochemistry of Fruit Ripening. Seymour, G., Taylor, J. y Tucker, G. (eds.), pp: 291-323. London: Chapman & Hall.

Pérez de Camacaro, M.; Ojeda, M.; Giménez, A.; González, M. y Hernández, A. 2017. Atributos de calidad en frutos de fresa 'Capitola' cosechados en diferentes condiciones

- climáticas en Venezuela. *Bioagro*. 29(3),163-174.
- Re, R.; Pellegrini, N.; Proteggente, A.; Pannala, A.; Yang, M. y Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biol. Med.* 26: 1231- 1237.
- Reyes, M. A.; Alanís, C. L. G.; Vázquez, E. A. y Carrillo, I. M. L. 2016. Propiedades antioxidantes de extractos acuosos frescos y secos de cáscara de *C. papaya L.* *Rev. Ciencias Salud.* 3: 44-49.
- Santamaría, B. F.; Díaz, P. R.; Sauri, E.; Espadas Y. G., F.; Santamaría, J. y Saavedra, A. 2009. Características de calidad de frutos de papaya 'Maradol' en la madurez de consumo. *Agric. Téc. Méx.* 35. 347-353.
- Singleton, V. L.; R. Orthofer y Lamuela-Raventos R. M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Method. Enzymol.* 299: 152-178.
- Soares, C. G.; Prado, S. B. R.; Andrade, S. C. S. y Fabi, J. P. 2021. Systems biology applied to the study of papaya fruit ripening: The influence of ethylene on pulp softening. *Cells.* 10, 2339.
- Suárez, V. A.; Juárez-López, P.; López-Martínez, V.; Pérez-Flores, J. J.; Guillén, S. D.; Alia-Tejacal, I. 2017. Antioxidant activity and physicochemical parameters in 'Cuernavaqueña' mexican plum (*Spondias purpurea L.*) at different ripening stages. *Rev. Bras. Frutic.* 39(4): e-787.
- Thanaraj, T. y Terry, A. L. 2011. Tropical fruit [Banana, Pineapple, Papaya and Mango]. In: *Health-promoting properties of fruit and vegetables*, Terry, L. (Ed.), pp: 352-370. UK: CABI.
- Vazquez-Garcia, E. y Balatero, C. 2019. Characteristics of productivity, quality and shelf life of eight papaya genotypes in Mexico. *Acta Horticulturae*, 1250: 29-34.
- Whitam, F. F.; Blaydes, D. F. y Devlin, R. M. 1971. *Experiments in Plant Physiology*. Van Nostrand Reinhold C. New York, USA, 245 p.
- Wills, R. y Golding, J. 2016. *Postharvest. An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables*. Australia: CABI.
- Zhou, L. y Paull, R. E. 2001. Sucrose metabolism during papaya (*Carica papaya*) fruit growth and ripening. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126(3): 351-357.

CAPITULO II

CALIDAD, VIDA POSCOSECHA Y NUTRACEÚTICOS DE DOS VARIEDADES DE PAPAYA (*Carica papaya* L.)

Resumen

Se evaluaron los cambios físicos, fisiológicos y bioquímicos durante poscosecha de 'Carinice' y 'Passion red' para posteriormente proponer tecnologías poscosecha e incrementar su vida útil. Se determinó mayor respiración y vitamina C en 'Carinice', los carotenoides, índice de sabor y la actividad antioxidante por DPPH y FRAP fue mayor en 'Passion red'. La producción de etileno se incrementó a los 10-11 días de evaluación. La concentración de sólidos solubles totales se incrementó a 9.8 % en ambas variedades, con mayor velocidad en 'Carinice. Los flavonoides y actividad antioxidante por FRAP se incrementaron, pero no se detectaron diferencias entre variedades. La firmeza, azúcares totales y acidez titulable disminuyeron sin diferencias entre las variedades. Se determinó asociación positiva y significativa entre los fenoles totales y la actividad antioxidante por ABTS y FRAP ($r= 0.55^*-0.67^{***}$). 'Carinice' y 'Passion red' cultivados en Morelos, presentan características aceptables de calidad del fruto durante su maduración.

PALABRAS CLAVE: Fenoles, Flavonoides, Carotenoides, Vitamina C, Actividad Antioxidante.

Abstract

Physical, physiological and chemical changes during postharvest ripening of 'Carinice' and 'Passion red' papaya fruits were carried out to in the future some recommendations will be proposed. Highest respiration rate and vitamin C were determined in 'Carinice'.

Carotenoids, flavor index and antioxidant activity by DPPH and FRAP methods were determined in major proportions in 'Passion red'. Ethylene production was increased in days 10 and 11 of evaluation. Soluble total solids increase to 9.8 % in both varieties, with highest velocity in 'Carinice'. Total flavonoids and antioxidant activity by FRAP increased, but no significant differences were determined between varieties. Firmness, total sugars and titratable acidity were reduced without differences between varieties. A positive significant association of total phenolics vs ABTS and FRAP ($r= 0.55^*-0.67^{***}$) antioxidant activity were determined. 'Carinice' and 'Passion red' cultivated in Morelos showed acceptable characteristics during ripening of fruits.

KEY WORDS: Phenols, Flavonoids, carotenoids, vitamin C, antioxidant activity

2.1. INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya* L.) es un árbol frutal perteneciente a la familia Caricaceae, es uno de los cultivos más importantes en las regiones tropicales y subtropicales del mundo, y su origen está en la Costa del Caribe en América Central, distribuyéndose desde el sureste de México hasta Argentina y Chile (Lal et al., 2016). Actualmente se tienen 468, 731 ha cultivada a nivel mundial y México como quinto productor a nivel mundial cultiva 20, 095.4 ha, mismas que se distribuyen en Veracruz, Colima, Michoacán, Oaxaca y Chiapas; el estado de Morelos participa con cerca de 100 ha (FAOSTAT, 2022; SIAP, 2022).

El fruto de la papaya es consumido inmaduro o maduro, cultivado y comercializado en más de 60 países, se ha incrementado su demanda y popularidad debido a la sensación agradable y sabor de la pulpa del fruto, su valor nutricional y valor terapéutico (Venkatappa y Bhat, 2015). El consumo del fruto proporciona cantidades adecuadas de ácido ascórbico, minerales esenciales como el potasio, hierro, calcio, fósforo,

carotenoides, vitaminas (A, B1, B2 y E) y fibra dietética soluble e insoluble (Venkatappa y Bhat, 2015).

El fruto de la papaya, manejado adecuadamente en poscosecha, pueden alcanzar una vida útil entre cuatro y seis días a 25-28 °C (Nunes, 2008). Los frutos de papaya generalmente son cosechados cuando cambian de un color verde oscuro a un verde tenue, porque el fruto acumula azúcares durante la etapa final de desarrollo (Sivakumar y Wall, 2013). El índice de cosecha es principalmente el desarrollo del color, desde la aparición del color amarillo en la piel, hasta el desarrollo del color en 25-50 y 75 % (Ramos-García et al., 2010). La fruta de papaya se considera un fruto climatérico, con incremento en los sólidos solubles totales, disminución de la acidez titulable, la firmeza del fruto, incremento en el color amarillo-rojo de la epidermis y pulpa debido a mayor síntesis de carotenoides (Sivakumar y Wall, 2013; Paull y Chen, 2014).

A nivel mundial se reconocen más de 300 cultivares de papaya, el gran número de cultivares se atribuye a la polinización cruzada que se presenta en la especie (Mitra, 2019). En México hasta 2010 se reportan que los materiales más cultivados eran 'Maradol', 'Coco', 'Cera', 'Criolla', 'Red lady', 'Zapote', 'R₄M₃' y 'R₃M₂', describiéndose algunos aspectos de calidad y maduración (Santamaría et al., 2009; Ramos-García et al., 2010; Álcantara et al., 2010). En el periodo 2011-2022 se han realizado algunos ensayos de evaluación de variedades e híbridos comerciales como: 'Sensation', 'Intenza', 'Siluet', 'Lenia plus', 'Jíbara', 'Azteca', 'MSXJ', 'Amarela', 'Maradona-F1', 'Bela Nova F1', 'BS' y 'BS1', siempre en comparación con 'Maradol roja'; donde reportan su comportamiento agronómico, calidad y algunos parámetros de la maduración (Santamaría et al., 2015; Granados et al., 2015; Miranda-Ramírez et al., 2020; Bibiano-Nava et al., 2019; Santamaría et al., 2021; Mirada et al., 2022). Recientemente, se reportan que las

variedades más cultivadas son: 'Maradol roja', 'Solo', 'Cera', 'Chincona', 'Gialla', 'Kanput', 'Chakput' y 'Royal Star' (Mitra, 2019). Algunos esfuerzos también se han realizado evaluando materiales nativos en el país con la finalidad de iniciar programas de mejoramiento genético en la especie (Hernández-Salinas et al., 2019).

Recientemente en Morelos, México se ha incrementado la producción de papaya, sin embargo, las zonas de producción en la entidad se encuentran a 1000 m de altitud, lo que se considera fuera de los requerimientos agroecológicos de la especie, y no se conoce la calidad que se obtiene de algunas variedades, así como su comportamiento en poscosecha. Estos aspectos son importantes conocer para determinar la calidad y los cambios que ocurren en poscosecha de nuevas variedades que se puedan adaptar a la zona y alcanzar la calidad que el mercado requiere. A nivel nacional no se conoce un estudio de las variedades 'Passion red' y 'Carinice' por lo que será el primer reporte en dichos materiales.

Por otra parte, los estudios en papaya se enfocan a los parámetros básicos que definen la calidad del fruto sin embargo, no se han realizado estudios sobre el comportamiento de moléculas durante la maduración, que son importantes para la salud humana y que el fruto de papaya puede aportar, como son los fenoles, flavonoides, vitamina C, además de la actividad antioxidante que se asocia con la concentración de dichos nutraceuticos.

Considerando lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar propiedades físicas, químicas, fisiológicas, moléculas y actividad antioxidante durante la maduración de dos cultivares de papaya cultivados en la zona oriente del estado de Morelos para que en posteriores trabajos proponer algunas tecnologías poscosecha o índices de cosecha que ayuden a mantener la calidad por más tiempo.

2.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y material vegetal

Se colectaron 60 frutos de dos diferentes variedades comerciales de papaya (30 frutos de cada una), cultivadas en parcelas comerciales establecidas en la región Oriente del estado de Morelos (Cuadro 2). El clima de la región es seco cálido, con precipitación promedio de 1000 mm, la temperatura media es de 28 °C y Humedad Relativa de 60 % (Ramírez et al., 2008).

Cuadro 2. Localización geográfica de los sitios de colecta de los genotipos

Carinice y Passion Red

Localidad	Variedad	Coordenadas geográficas	Fecha de colecta
El Quebrantadero,	'Carinice'	18°31'40.1"N	26/09/2020
Axochiapan	'Passion Red'	98°47'50.3"W	26/09/2020

El manejo agronómico se realizó como lo indica Rodríguez et al. (2018). Las semillas se obtuvieron de las empresas Semillas del Caribe S.A. de C.V y, Papaya Seed Legon, fueron germinadas en bolsas de polietileno con capacidad de 0.5 L utilizando como sustrato la mezcla de Peat moss más vermicomposta, en proporción 1:1. Después de 45 días de germinadas fueron colocadas en suelo a una densidad de 2, 200 plantas por ha a una distancia de 1.5 m entre plantas x 3 m entre calles. Durante el crecimiento de las plantas se realizaron aplicaciones de fertilizantes con la dosis 15-3-20(+2+TE), se

aplicaron fungicidas como Benomilo (control de antracnosis) y, Propamocarb (control de enfermedades radicales), así también se utilizó Abamectina para el control de la araña roja (*Tetranychus urticae*) y, el acaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus* Banks). Algunas prácticas agronómicas realizadas fueron deshoje, aporque, establecimiento de cultivos trampa. Después de 10 meses se realizó la primera cosecha, los frutos utilizados para el experimento fueron de la segunda cosecha.

El índice de cosecha utilizado fue cuando los frutos presentaron el cambio de color verde intenso a verde claro con una franja amarilla. Los frutos se cosecharon manualmente, colocados en cajas de plástico cubiertos con papel estraza blanco y transportado por vía terrestre durante 1 h al Laboratorio de Producción Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. En el laboratorio de Producción Agrícola los frutos se lavaron con agua corriente para eliminar contaminantes y, posteriormente, fueron lavados en una solución del fungicida Eminence® (Procloraz; 2 mL L⁻¹). Posteriormente los frutos se secaron al ambiente y se colocaron en mesas de acero inoxidable donde se mantuvieron para su maduración a una temperatura de 22 °C y 60 % de HR durante 12 d.

Organización experimental

Para la evaluación de los cambios durante la maduración se formaron aleatoriamente cinco grupos de seis frutos en madurez fisiológica por variedad, utilizando 30 frutos en total. Los frutos fueron evaluados para las variables destructivas en cinco muestreos, el primero se realizó el día de cosecha y posteriormente a los 3, 6, 9 y 12 días. Las variables no destructivas se determinaron diariamente durante todo el período de evaluación. El

diseño experimental utilizado fue completamente al azar con seis repeticiones, donde el factor de evaluación fue la variedad, la unidad experimental fue un fruto. Las variables no destructivas fueron: velocidad de respiración y producción de etileno, pérdida de peso, color en epicarpio y apariencia del fruto. Las variables destructivas fueron color de la pulpa, firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable, índice de sabor, azúcares totales, fenoles totales, flavonoides totales, carotenoides totales, vitamina C y actividad antioxidante de terminada por tres métodos: ABTS, DPPH, FRAP.

Variables no destructivas

La velocidad de producción de respiración (CO₂) y producción de etileno fueron cuantificados mediante un sistema estático (Salveit et al., 2016) que consistió en colocar un fruto de masa conocida en un recipiente de plástico con capacidad de 5 L cerrado herméticamente durante 2 h. Posteriormente, se tomó 1 mL de gas del espacio de cabeza a través de una septa del recipiente, para inyectarlo a un cromatógrafo de gases (Agilent Technologies 7890A GC, EUA), con una columna tipo abierta con empaque de capa porosa de sílica conectada simultáneamente a un detector de ionización de flama (FID) a una temperatura de 170 °C y otro de conductividad térmica (TCD) a 170 °C, como gas acarreador se utilizó N₂ (2 mL min⁻¹). El inyector y horno del cromatógrafo mantuvieron una temperatura de 150 y 80 °C, respectivamente. Para la cuantificación se utilizaron estándares de CO₂ (460 ppm) y etileno (100 ppm) (Quark INFRA®).

La pérdida de peso acumulada se determinó al registrar diariamente el peso del fruto con una balanza digital (OAHUS®, EUA). Posteriormente, aplicando la formula: $(P_i - P_f) / P_i \times 100$, se obtuvieron el porcentaje de pérdida de masa acumulada, P_i= peso inicial, P_f= peso final.

El color de la epidermis del fruto se determinó en tres partes a lo largo del fruto con ayuda de un espectrofotómetro de esfera (X-Rite®, mod 3290, EUA) y se obtuvieron valores de luminosidad (L^*), cromaticidad (C^*) y el ángulo de matiz (h) (Neguerula, 2012).

Variables destructivas

La determinación de la firmeza se realizó con una estación de prueba (Shimadzu, EZ, Japón) con un puntal de 3 mm de diámetro, la profundidad de penetración fue de 6 mm y se tuvo una velocidad de penetración de 5 s mm^{-1} . La evaluación de la firmeza se realizó en dos lados opuestos del fruto en la parte ecuatorial.

El color de la pulpa (L^* , C^* y h) se determinó después de seccionar cada fruto en la parte ecuatorial del fruto y se evaluó en tres puntos equidistantes de una sección del fruto, la medición de esta variable se utilizó con un espectrofotómetro manual de esfera X-Rite®, como se indicó anteriormente.

Los sólidos solubles totales se determinaron a partir de tres gotas de jugo extraídas de cada fruto con ayuda de un extractor (ATAGO) que fueron colocadas en un refractómetro digital (ATAGO PAL-1®, Japón) y los resultados se reportaron en °Brix. La acidez titulable se determinó como lo indica Helrich (1990), donde un 1 g de pulpa se homogenizó con 10 mL de agua destilada en un Ultraturrax® (IKA®, EUA), posteriormente se filtró con papel filtro de poro grande y del filtrado se tomaron 5 mL que se colocaron en un vaso de precipitado y se titularon con NaOH 0.1 N, usándose fenolftaleína como indicador, los resultados se expresaron como porcentaje de ácido cítrico. El índice de sabor se obtuvo al dividir los valores de sólidos solubles totales entre la acidez titulable, este índice está altamente relacionado con la preferencia de consumo

La vitamina C se determinó mediante el método colorimétrico propuesto por Jagota y

Dani (1984) donde 4 mL de una solución de ácido tricloroacético al 10 % (p/v) homogenizaron con 1 g de pulpa de frutos de papaya y 10 mL de agua destilada en un Ultraturrax T25 (IKA®, USA). La mezcla se colocó en baño de hielo por 5 min y se centrifugo por 5 min a 4 000 g. Después se realizó una mezcla de reacción con 0.5 mL del sobrenadante, 1.3 mL de agua doble destilada y 0.2 mL de una solución diluida del reactivo de Folin-Ciocalteu, se dejó en reposo durante 10 min y se tomó la lectura en un espectrofotómetro (Genesys® 10S Uv-Vis, EUA) a una absorbancia de 760 nm. La cuantificación se realizó con una curva de ácido ascórbico (Sigma-Aldrich, EUA) en el intervalo de 5 – 70 mg.

Para determinar la concentración de fenoles totales y la actividad antioxidante se realizaron extractos obtenidos a partir de homogenizar 1 g de tejido con 15 mL de agua destilada en un Ultraturrax (IKA®, EUA) durante 40 s, y posteriormente el homogenizado se filtró y a partir del filtrado se procedió con las metodologías para cada variable. En el caso de los fenoles totales el método utilizado fue el descrito por Singleton et al., (1999), donde 0.5 mL del filtrado se mezclaron con 2.5 mL de Folin-Cicolcateau (1:10), dejándose en reposo durante 5 min, posteriormente se adicionaron 2 mL de carbonato de sodio (NaCO_3) al 7.5 % (p/v) y se agitó, dejando en reposo en oscuridad durante dos horas. Las lecturas se realizaron en un espectrofotómetro (Genesys® 10S Uv-Vis, EUA) a 760 nm. La cuantificación se realizó con una curva de calibración utilizado ácido ascórbico (Sigma-Aldrich, EUA).

La actividad antioxidante utilizando DPPH en el método descrito por Brand et al. (1995), donde 3 mL de una solución de DPPH metanólica (0.0024 g DPPH/ 100 mL metanol al 80 %) se hizo reaccionar con 0.1 mL del extracto obtenido, la mezcla se dejó reposar durante 15 min en oscuridad, y se leyó a una absorbancia de 517 nm.

En el caso de la actividad por ABTS se utilizó el método descrito por Re et al. (1999) donde se mezcló una solución de ABTS 0.0383 g/10 mL agua destilada y otra solución preparada de persulfato de potasio ($K_2S_2O_8$) 0.066/100 ml agua destilada; ambas soluciones se mezclaron en proporción 1:1 y se dejaron reposar durante 16 h, posteriormente la mezcla obtenida se diluyó con etanol al 20 % hasta alcanzar una absorbancia de 0.7 ± 0.02 a 734 nm. La reacción de la muestra fue colocar 3 mL de la solución de ABTS con 0.1 mL de muestra y se dejaron reaccionar durante 15 min y se realizaron lecturas de absorbancia a 734 nm.

Finalmente, la actividad antioxidante por FRAP se realizó como lo indica Benzie y Strain (1996), donde se preparó el reactivo FRAP (TPTZ, HCl, $FeCl_3$ y acetato de sodio), se mezcló 1.9 mL de FRAP con 100 μ L de muestra, dejándose reaccionar durante 15 min en incubación a 37 °C y transcurrido el tiempo se leyó la absorbancia a 593 nm. Para cuantificar la actividad antioxidante por los tres métodos antes descritos se utilizó una curva de calibración construida con ácido ascórbico como antioxidante.

La determinación de los flavonoides totales se realizó con la metodología descrita por Arvouet-Grand et al. (1994), donde a partir de 1 g de pulpa se homogenizaron con 10 mL de metanol en un Ultra Turrax (IKA®) y posteriormente se centrifugaron durante 15 min a 10 000 rpm. A partir del sobrenadante centrifugado se tomaron 2 mL de muestra y se mezclaron con 2 mL de tricloruro de aluminio ($AlCl_3$) al 2% (p/v), dejándose reposar por 15 min en oscuridad. Las lecturas de absorbancia se realizaron a 415 nm, con un espectrofotómetro (Genesys® 10S Uv-Vis, EUA). La cuantificación se realizó con una curva de calibración utilizando quercetina (Sigma-Aldrich, EUA) como flavonoides de referencia.

Los carotenoides totales se determinaron con la metodología descrita por Suarez et al.

(2017), donde 1 g de pulpa se homogenizó con 15 mL de acetona fría en un Ultraturrax (IKA®, EUA) el homogenizado colocó en vasos de precipitados y posteriormente en un embudo de separación, agregándose 30 mL de hexanos y 100 mL de agua destilada, posteriormente se agitó y se dejaron formar las fases de separación. La fase superior contienen los carotenoides en hexanos y la inferior contenía la acetona con el agua, esta última fase se eliminó del embudo y, posteriormente se le hicieron 4 enjuagues para eliminar los restos de acetona, eliminando únicamente la fase inferior, después de eliminar los restos de acetona se obtuvo la fase superior del embudo y se filtró con papel filtro teniendo una capa de sulfato de sodio anhidro, para eliminar los restos de agua se determinó el volumen y se obtuvo la absorbancia a 452 nm en un espectrofotómetro (Genesys® 10S Uv-Vis, EUA). Los valores de absorbancia se utilizaron para calcular los carotenoides totales utilizando b-caroteno como referencia con la fórmula propuesta por Rodríguez-Amaya y Kimura (2004):

$$\text{Carotenoides totales (mg } 100g^{-1} \text{ peso fresco)} = \frac{A \times \text{Volumen (mL)} \times 10^4}{A_{1\text{ cm}}^{1\%} \times \text{masa de la muestra (g)}}$$

Donde, A= absorbancia; Volumen = total del volumen del extracto en hexano, $A_{1\text{ cm}}^{1\%}$ = 2580 b-caroteno en hexano.

La determinación de azúcares totales se realizó mediante el método de antrona/sulfúrico (Whitam et al., 1971), un gramo de pulpa se colocó en un frasco de vidrio donde se agregaron 50 mL de etanol al 80 %, colocándose sobre una parrilla caliente hasta que se llevó a ebullición durante 5 min. Se retiró el frasco de la parrilla y se dejó enfriar y se guardó en refrigeración (5 °C) durante 15 d, posteriormente se filtró el contenido del frasco y se midió el volumen final del sobrenadante obtenido, del cual se tomaron 1 mL y se depositaron en vasos de precipitados hasta evaporarse, se le

añadieron 15 mL de agua destilada para recuperar los azúcares de la muestra.

El reactivo de antrona/sulfúrico se preparó en el momento de realizar el análisis, disolviendo 0.4 g antrona en 100 mL de ácido sulfúrico concentrado. Durante su empleo se conservó en frasco ámbar y protegido de la luz. La reacción se realizó tomando 0.5 mL de muestra más 1 mL de agua destilada en un tubo de ensaye, posteriormente se mezclaron con 3 mL de reactivo antrona en baño de hielo y se agitaron en un vórtex, una vez enfriada la mezcla se sometió a ebullición en por 3 min, para posteriormente dejarla enfriar en baño de hielo. Las lecturas de cada muestra se determinaron en un espectrofotómetro a 600 nm. La cuantificación de los azúcares se realizó con una curva de calibración de glucosa (Sigma-Aldrich®, EUA).

Análisis de datos

Los datos fueron analizados mediante una prueba de t entre las dos variedades utilizando el programa Sigma Plot V. 14.0 (SigmaPlot, San Jose, Ca). Se presentan graficas del comportamiento de las variables evaluadas con la media de las observaciones y su error estándar realizadas con el programa Sigma Plot.

2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los frutos de 'Carinice' mostraron mayor variabilidad en respiración, y tuvieron valores diferentes significativamente que los frutos de 'Passion red' (Figura 7 A). Se reporta que la papaya tiene un comportamiento climatérico en la respiración alcanzando el máximo de producción entre 4 y 16 días en dependencia de la variedad (Zhang y Paull, 1990; Krongyut et al., 2008). En las variedades evaluadas la máxima velocidad de respiración en 'Carinice' se observó al día 8 y en 'Passion red' en el día 11 (Figura 7 A).

La producción de etileno fue indetectable los primeros ocho días en 'Carinice' y seis días en 'Passion red', posteriormente se detectó un aumento significativamente mayor en 'Carinice' (Figura 7 B). Ong et al. (2013), indican que en la variedad tipo Solo 'Frangi' el máximo climatérico se determinó al sexto día después de cosechado. En papaya el etileno regula cambios en el ablandamiento del fruto, dulzura, desarrollo de sabor y contenido de carotenoides, por lo cual es importante conocer los momentos de su mayor producción para retrasarlo e incrementar la vida útil de la papaya (Fabi y Pardo, 2019).

La pérdida de peso se incrementó durante el periodo de evaluación en ambas variedades (Figura 7 C). No se detectaron diferencias significativas entre las variedades, en los 12 d la pérdida de peso fue entre 9.3 y 9.5 %, es decir diariamente se tuvo una pérdida de masa entre 0.77 y 0.79 % (Figura 7 C). Parven et al. (2020), reporta una pérdida de peso de 25.2 % ($2.1 \% d^{-1}$) en frutos de papaya almacenados por 12 d a 25 °C (HR no reportada); Ong et al. (2013), determinaron una pérdida de peso de 2.5 % después de dos días a 25 °C y 70-80 % HR en papaya 'Frangi' y en promedio una pérdida de $1 \% d^{-1}$ durante ocho días. Lo anterior sugiere que las variedades 'Carinice' y 'Passion red' muestran menores velocidades de pérdida de agua, en parte debido a la menor temperatura de evaluación; aunque también características como grosor de la cutícula, presencia de estomas y cicatriz del pedúnculo que deben ser evaluadas en trabajos posteriores.

El color de la epidermis del fruto fue similar en las dos variedades durante el periodo de evaluación (Figura 7 D, E y F). Los cambios en los parámetros de color se consideran que ocurrieron en tres etapas, en la etapa I (entre los 0 y 3 d) el color de los frutos en ambas variedades se mantuvo con tendencia al verde ($h =$ entre 101.7 y 110.5) de luminosidad media ($L^* =$ entre 42.4 y 49.5) y opaco ($C^* =$ entre 26.1 y 34.6);

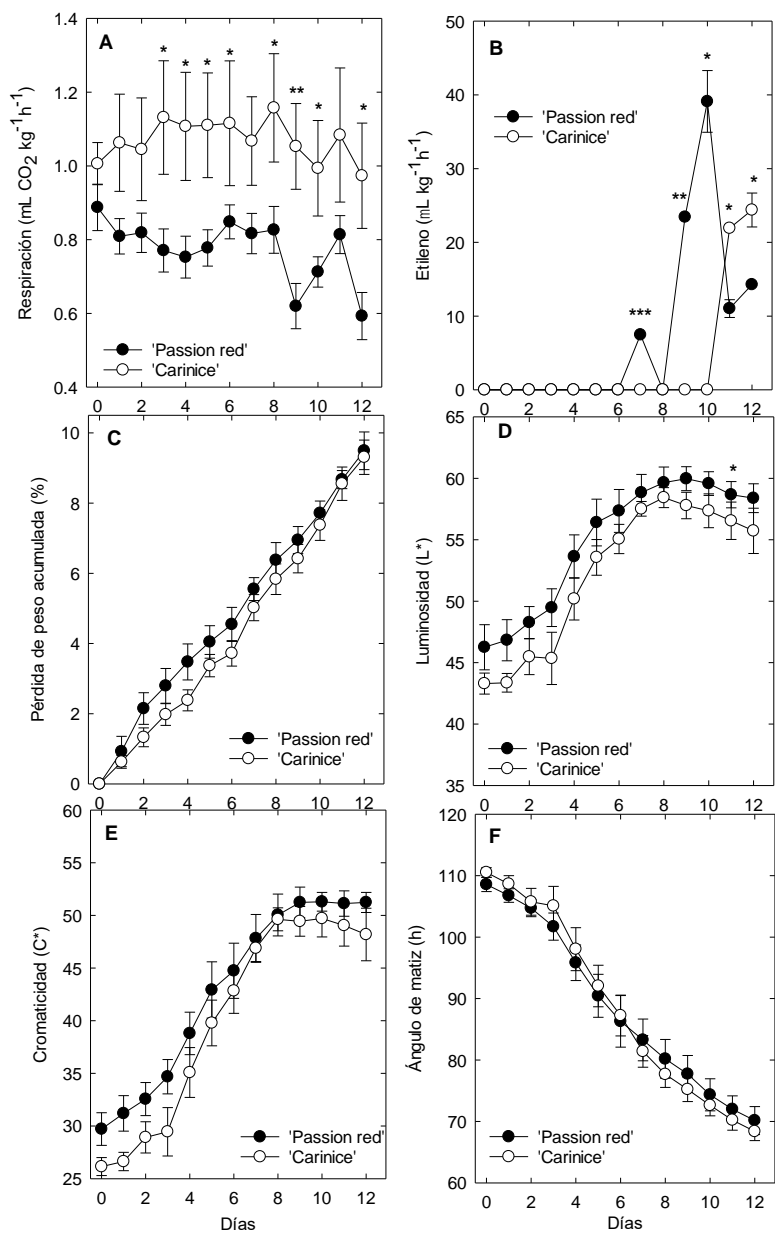


Figura 7. Cambios de la producción de CO₂ (A), etileno (B), pérdida de peso (C), luminosidad (D), cromaticidad (E) y ángulo matiz en la epidermis de dos variedades de papaya durante su maduración a 23 °C y 60 % de HR. Cada punto es la media de seis repeticiones más error estándar. *, **, ***: Significativo de acuerdo a la prueba de t al 0.05, 0.01 y 0.0001, respectivamente.

, el color cambio aceleradamente hacia el naranja ($h=$ entre 74.5 y 77.7) con mayor luminosidad ($L^*=$ entre 58 y 60) y pureza del color ($C^*=$ entre 49.2 y 51.2); y finalmente en la etapa III (entre los 9 y 12 d) la velocidad del cambio hacia el naranja disminuyó ($h=$ entre 67.8 y 70.14) con ligera disminución en la luminosidad ($L^*=$ entre 55 y 58.3) y pureza del color ($C^*=$ entre 48.2 y 51.2) (Figura 7 D, E y F). Ong et al. (2013) indica que la epidermis de papaya 'Frangi' la luminosidad y cromaticidad se incrementan, lo que indica un cambio de color verde a amarillo y que el hue es un indicador muy útil para la maduración ya que disminuye linealmente durante la maduración, en 'Carinice y 'Passion red' similar comportamiento fue detectado. Santamaría et al. (2015), reporta en ocho variedades de papaya cultivadas en Yucatán, México que la epidermis del fruto presento colores tendientes al amarillo-naranja ($h=$ 65.1-73) con variación en la luminosidad ($L^*=53.5-59.7$) y pureza de color ($C^*=50.3-56.6$). En 'Carinice' y 'Passion red' se alcanzaron valores con mayor tendencia al naranja, similar luminosidad y menor pureza del color comparados con las variedades cultivadas en Yucatán.

La firmeza de los frutos de papaya disminuyó durante el periodo de evaluación, sin detectarse diferencias entre las dos variedades (Figura 8 A). Durante los primeros seis días los frutos perdieron entre 14 y 20 % de su firmeza inicial, en el día 12 la perdida de firmeza alcanzó entre 80 y 81 % con respecto a los valores iniciales, en la madurez de consumo registraron firmeza de 19 N (Figura 8 A). Bron y Jacomino (2006), indican que la mejor calidad de consumo en papaya es cuando se tiene una pulpa semi-blanda o firme, pero no muy dura, pulpa menor de 20 N, lo cual se alcanzó en las dos variedades evaluadas. Ong et al. (2103), eportan que la variedad 'Frangi' alcanzó valores menores de 11 N después de seis días, lo cual sugiere que 'Carinice' y 'Passion red' presentan mayor resistencia a las condiciones de manejo poscosecha. Pinillos et al. (2019), reportan

en tres variedades de papaya: 'BH-65', 'Siluet' e 'Intenzza' cultivadas en Almería, España bajo invernadero un cambio de firmeza de >100 N en la cosecha y tres días después valores <20 N. Lo anterior sugiere que la firmeza de los frutos de papaya puede ser afectada por el manejo agronómico durante el cultivo y la variedad.

El color de la pulpa de 'Passion red' inicialmente mostró tendencia al amarillo ($h=81.1$) luminoso ($L^*=73.2$) y medianamente vivido ($C^*=32.6$); entre los 3 y 9 días cambio y se mantuvo en un color naranja ($h=$ entre 58.6 y 64.7) menos luminoso ($L^*=$ entre 66.8 y 68.6) pero con mayor pureza del color ($C^*=38.6$); ya después de 12 d el color de los frutos mostró su mayor cercanía al color rojo ($h=46.9$) con la menor luminosidad ($L^*=61.1$) y pureza del color ($C^*=35$) (Figura 2 B, C y D). Los frutos de 'Carinice' mostraron similar tendencia en el color que los frutos de 'Passion red', pero con mayor velocidad de maduración, ya que los valores de matiz y la luminosidad al día a 9 fueron significativamente menores (Figura 8 B, C y D). Santamaría et al. (2015) indica que la papaya alcanza el color naranja ($h=54.2-61.7$) después de cuatro días, lo anterior fue similar en 'Carinice' y 'Passion red'.

La concentración de los carotenoides totales en pulpa al inicio de la evaluación fue mayor en 'Passion red' que en 'Carinice' (Figura 8 E). Posteriormente los carotenoides en 'Passion red' se incrementaron ligeramente hasta $2524 \mu\text{g g}^{-1}$ en el noveno día de evaluación y en el día 12 se evaluación se incrementó hasta $3540 \mu\text{g g}^{-1}$ (Figura 8 E). En el caso de 'Carinice' la concentración de carotenoides se incrementó hasta $2654 \mu\text{g g}^{-1}$ al tercer día de evaluación y se mantuvo en valores similares durante los restantes días de evaluación (Figura 8 E). Gayosso et al. (2010), indican que durante la maduración el contenido de carotenoides totales en papaya 'Maradol' se incrementa de $920 \mu\text{g g}^{-1}$ en madurez de cosecha a $3270 \mu\text{g g}^{-1}$ en madurez de consumo, lo cual concuerda con

nuestros resultados. Los carotenoides están implicados como parte de los compuestos bioactivos y proveen protección contra enfermedades cardiovasculares, diabetes, cáncer y degeneración macular al través del atrapamiento de radicales libres, modulación de expresión genética y traducción de proteínas, entre otros (Yahia et al., 2018).

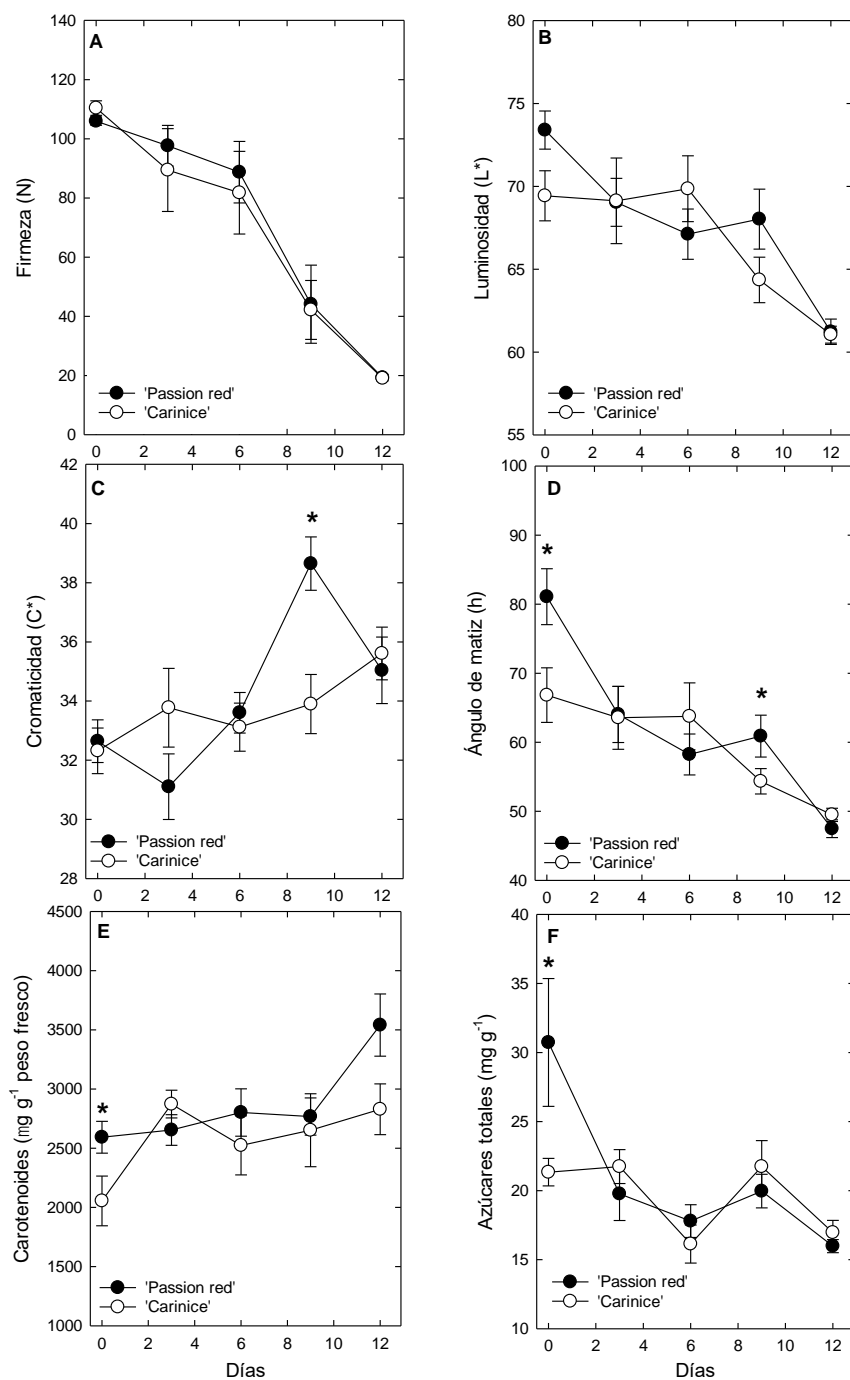


Figura 8. Cambios en firmeza (A), luminosidad (B), cromaticidad (C), matiz (D), carotenoides (E) y azúcares totales (F) en dos variedades de papaya durante su maduración a 23 °C y 60 % de HR. Cada punto es la media de seis repeticiones y su error estándar. *: significativo de acuerdo con la prueba de t al 0.05.

Los azúcares totales disminuyeron durante el periodo de evaluación en ambas variedades, solo se detectaron diferencias entre las variedades en el muestreo inicial, ya que 'Passion red' mostró 30.7 mg g^{-1} , y posteriormente disminuyó drásticamente hasta 17 mg g^{-1} al día 12, en tanto que 'Carinice' mostró inicialmente 21.1 mg g^{-1} y después de 12 días disminuyó hasta 16 mg g^{-1} (Figura 8 D). Fabi y Prado (2019), indican que la mayoría de los azúcares solubles se acumulan durante el crecimiento, y durante la maduración disminuyen significativamente debido a un incremento en la expresión y actividad de la invertasa.

Los SST se incrementaron en ambas variedades alcanzando su máxima concentración al día seis y 12 ($9.8 \text{ }^\circ\text{Brix}$) en 'Carinice' y 'Passion red', respectivamente (Figura 9 A). 'Carinice' alcanzó su mayor dulzura seis días antes que 'Passion red' (Figura 9 A). Los SST tienden a incrementarse durante la maduración, variando entre 6 y 19 %, dependiendo el cultivar (Sivakumar y Wall, 2013). Sidhu (2012), reporta que las variedades de la India son más dulces (10-10.2 %) que los cultivados en los Estados Unidos (5.65-7.1 %). En México las variedades se reportan con valores mayores (10.2-12.4 %) (Santamaría et al., 2009; Santamaría et al., 2013). Lo anterior indica que las variedades 'Passion red' y 'Carinice' se pueden considerar con un contenido de SST adecuado. Ong et al. (2013), reportan que la variedad tipo Solo 'Frangi' alcanza hasta 17.6 % después de cuatro días de cosechada.

Inicialmente la acidez titulable fue significativamente mayor en 'Carinice' (0.33 %) que en 'Passion red' (0.26 %), posteriormente en ambas variedades disminuyó en los días seis y nueve hasta 0.15 % y en el último día de evaluación 'Passion red' mantuvo mayor acidez (0.15 %) comparada con 'Carinice' (0.13 %) (Figura 3 B). Annegowda y Bhat (2016), reportan que la acidez titulable en diferentes variedades de papaya varía entre

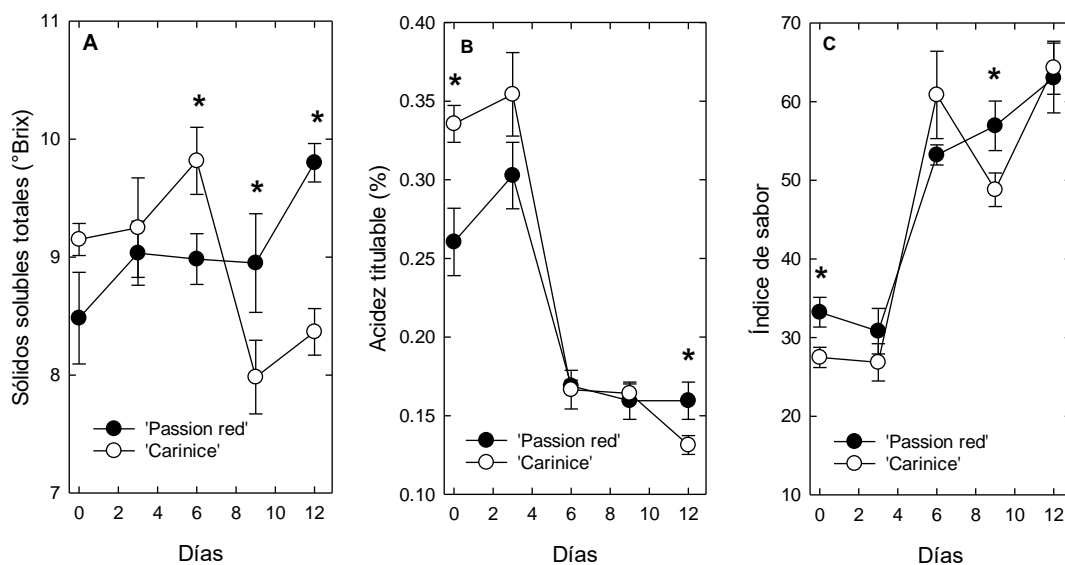


Figura 9. Cambios en sólidos solubles totales (A), acidez titulable (B) e índice de sabor en dos variedades de papaya. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar. *: significativo acuerdo a la prueba de t al 0.05.

0.086 y 0.80 %, y depende en gran medida a la variedad, condiciones climáticas, tipo y fertilización del suelo y época de cosecha.

El índice de sabor mostró diferencias al inicio y en el día nueve de evaluación, donde 'Passion red' mostró el valor mayor (Figura 9 C). El índice de sabor se incrementó en ambas variedades de valores iniciales entre 27 y 33 hasta entre 62 y 64 después de 12 d, atribuyéndose al incremento en sólidos solubles totales y la disminución de la acidez titulable (Figura 9 C). En el índice de sabor, los valores altos indican que los frutos son más dulces (Erkan y Dogan, 2020), en el caso de las variedades evaluadas esto ocurrió durante el avance de la maduración y 'Passion red' mostró mayor dulzura.

Los fenoles totales disminuyeron durante el periodo de evaluación en las dos variedades, no se detectaron diferencias entre ellas (Figura 10 A). Inicialmente los fenoles

estuvieron entre 25.4 y 33.2 mg EAG 100g⁻¹ y 12 d después estuvieron entre 15.7 y 16.4 mg EAG⁻¹, la variedad 'Passion red' mostró ligeramente valores mayores, pero no fueron significativamente diferentes a 'Carinice' (Figura 10A). En papaya 'Frangi' los fenoles totales se incrementan en la maduración de 51.8 mg EAG100g⁻¹ en la cosecha a 68.6 mg 100g⁻¹ en la madurez de consumo, lo cual es inverso en las variedades 'Carinice y 'Passion red'. Thanaraj y Terry (2011), indican que la cantidad de fenoles totales en la pulpa y epidermis del fruto de papaya es aproximadamente de 54 mg EAG 100g⁻¹. Los principales fenoles reportados en el fruto de papaya son ferúlico, cafeico y cumárico los cuales se han asociado con efectos antioarcinogénicos, antiinflamatorios y disminución del colesterol (Gayosso-García et al. 2018).

Por otra parte, los flavonoides mostraron un comportamiento inverso a los fenoles, es decir, se incrementaron de valores iniciales entre 5.6 y 7.2 mg EQ 100g⁻¹ hasta alcanzar valores máximos de 9.86 y 10.3 mg EQ 100g⁻¹ a los nueve y seis días en 'Carinice' y 'Passion red', respectivamente (Figura 10 B). No se detectaron diferencias entre las variedades por el contenido de flavonoides (Figura 10 B). En la variedad de papaya 'Soursop' se reportaron entre 1 a 3 mg 100g⁻¹ de flavonoides. En 'Carinice' y 'Passion red' se determinó entre 3 y 10 veces más a lo reportado, los flavonoides se han asociado con diferentes beneficios por su consumo. Sin embargo son necesarios más estudios con papaya para determinar mejor sus propiedades benéficas (Gayosso-García et al. 2018).

La actividad antioxidante por el método de DPPH disminuyó en ambas variedades, de entre 48 y 60.5 mg EAA 100g⁻¹ al inicio del experimento hasta valores de entre 10 y 12 mg EAA 100g⁻¹ después de 12 días de evaluación (Figura 10 C). 'Passion red' mostró mayor actividad antioxidante que 'Carinice' que se evidencia más en el día 9 (Figura 10 C). En la actividad antioxidante de ABTS también mostró una disminución de valores

entre 56.1 y 79.8 mg 100g⁻¹ en el tercer día de evaluación hasta valores entre 21.7 y 25.7 mg EAA 100g⁻¹ en el día 12 (Figura 10 D). La mayor actividad en el tercer día de evaluación fue para 'Passion red', pero en el noveno día fue para 'Carinice' (Figura 9 D). La actividad antioxidante por el método de FRAP al inicio mostró una actividad entre 58.8 y 80.4 mg EAA 100g⁻¹ y después de seis y nueve días de evaluación alcanzaron máximos de 132.9 y 135.4 mg EAA 100g⁻¹ y posteriormente disminuir en el día 12 hasta 74-78 mg EAA 100g⁻¹, en 'Passion red' y "Carinice", respectivamente (Figura 10 E). Ong et al. (2013) reporta un incremento en la actividad antioxidante en papaya 'Frangi' alcanzado un máximo a los cuatro días después de la cosecha. La actividad antioxidante por los métodos de ABTS y FRAP se asociaron positiva y significativamente con los fenoles, $r=0.55^*$ y $r= 0.67^{***}$, respectivamente y la actividad por el método de FRAP mostró cierta asociación positiva y significativa con la vitamina C, $r= 0.44^*$. La asociación entre la actividad antioxidante y moléculas como los fenoles totales en diferentes estudios clínicos y epidemiológicos sugieren que tales compuestos bioactivos ayudan a prevenir enfermedades cardiovasculares, arterioesclerosis, y varios tipos de cáncer (Gayosso-García et al., 2018).

Finalmente, la vitamina C se detectó en niveles entre 90.7 y 119 mg EAA 100g⁻¹ al inicio del experimento, posteriormente se incrementó en los días tres y seis hasta valores de 155 mg EAA 100g⁻¹ en 'Passion red' y finalmente disminuir en los días nueve y 12 hasta 112-121 mg EAA 100g⁻¹ (Figura 10 F). Por otra parte, en 'Carinice' se alcanzó un máximo de vitamina C a los seis días con 181 mg EAA 100g⁻¹, y después disminuyó hasta 126 mg EAA 100g⁻¹ a los 12 días de evaluación (Figura 10 F). 'Carinice' mostró mayor concentración de vitamina C que 'Passion red' (Figura 10 F).

La vitamina C se incrementa durante la maduración de los frutos de papaya 'Frangi'

(Ong et al., 2013) y disminuye en sobremaduración o senescencia (Chen y Paull, 1986), similar comportamiento mostraron las variedades evaluadas en el presente experimento.

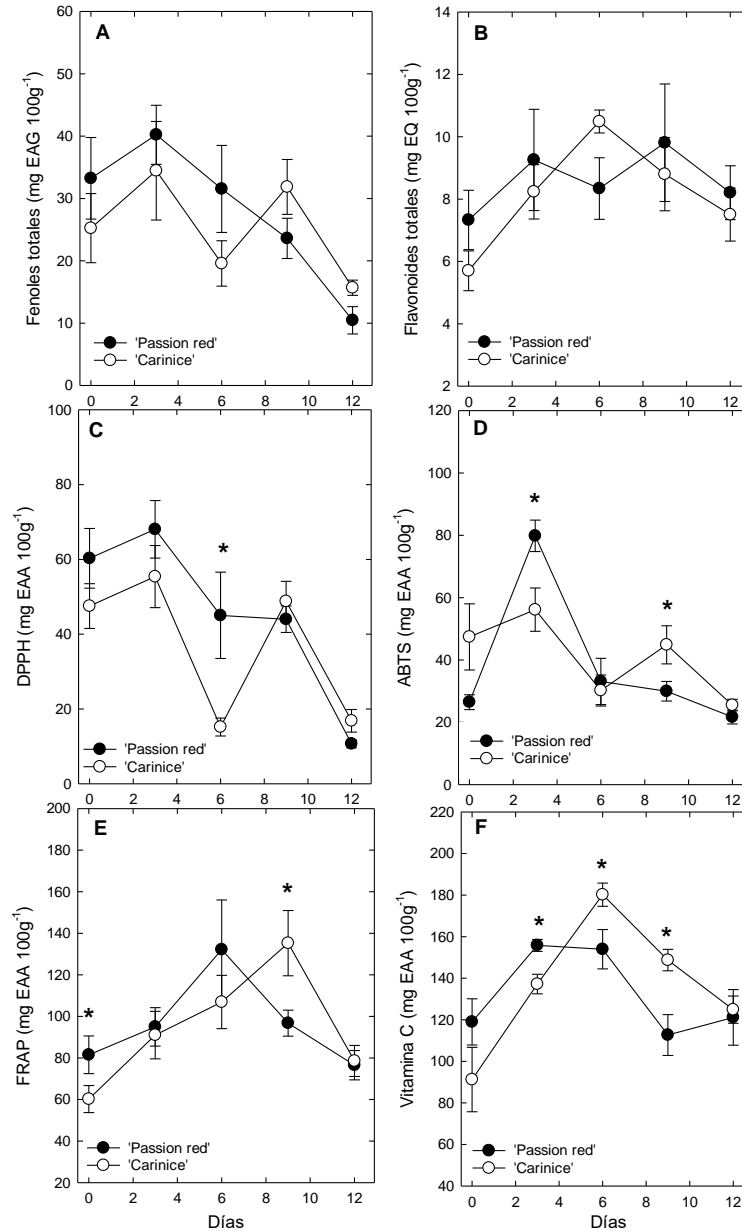


Figura 10. Cambios en fenoles(A), flavonoides (B), actividad antioxidante por DPPH (C), ABTS (D), FRAP (E) y vitamina C (F) en dos variedades de papaya durante su maduración. Cada punto es la media de seis repeticiones y su error estándar. *: significativo de acuerdo a la prueba de t al 0.05.

2.4. CONCLUSIONES

El perfil de maduración de las variedades 'Carinice' y 'Passion red' muestran similar comportamiento con algunas diferencias en la velocidad de respiración, carotenoides totales, sólidos solubles totales, índice de sabor, actividad antioxidante por DPPH y FRAP, y la vitamina C. Las variedades presentaron características de calidad y nutricional aceptables comparado con lo reportado en la literatura.

2.5. LITERATURA CITADA

- Álcantara, J.J.Á., Hernández C. E., Aynar, S.S., Nava, A.D., Brito, G.T. 2010. Características fenotípicas y agronómicas de seis genotipos de papaya (*Carica papaya* L.) from Tuxpan, Guerrero, Mexico. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 1(1): 35-46.
- Annegowda, H. V., Bhat, R. 2016. Composition of papaya fruit and papaya cultivars. In: Preedy, V. R., Simmonds, M. S. J. (Eds.), *Nutritional Composition of fruit Cultivars*, pp: 497-516. Academic Press, London, UK.
- Benzie, I. F., J. J. Strain. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant Power": The FRAP assay. *Anal. Biochem.* 239: 70-76.
- Bibiano-Nava, O., Hernández-Castro, E. Ariza-Flores, R., Maldonado-Peralta, M. de los A., sarabia Ruiz, G., Valenzuela-Lagarda, J.L. 2021. Calidad en frutos de variedades de *Carica papaya* L. bajo manejo orgánico. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. Núm. Esp. I: e2965.
- Brand, W. W., M. E. Culivier, C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Sci. Technol.* 28: 25-30.
- Bron, I.U., Jacomino, A.P. 2006. Ripening and quality of 'Golden' papaya fruit harvested at different maturity stages. *Brazilian Journal or Plant Physiology* 18(3): 389-396.
- Erkan, M., Dogan A. 2020. Harvestig of Horticultural Commodities. In: *Postharvest Technology of Perishable Horticultlural Commodities*. Yahia, E.M. (Ed.). Elsevier-Woodhead Publishing. pp:120-159.
- Fabi, J. P., Prado, S.B.R. 2019. Fast and furious: ethylene-triggered changes in the metabolism of papaya fruit during ripening. *Frontiers in Plant Sciences* 10: 535. Doi:

10.3389/fpls.2019.00535

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2022.

FAOSTAT. En línea: <https://www.fao.org/faostat/es/#data>, consultado el 23 de abril de 2022.

Gayosso-García, L.E., Vela-Gutiérrez, G., García, H.S. 2018. Papaya (*Carica papaya*).

In: Yahia, E.M. (ed.), Fruit vegetable phytochemicals: chemistry and human health, V.II. pp: 1163-1172. Chichester: Wiley Blackwell.

Granados, R.R., Salceda, L.R., Longar, B. M. del P. 2015. Situación actual y perspectivas

tecnológicas para la papaya (*Carica papaya* L.) en el distrito de Veracruz, Veracruz.

Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 6(4): 749-761.

Helrich, K. 1990. Official Methods and Analysis. (Arlington: Association of Official

Analytical Chemists).

Hernández-Salinas, G., Soto-Estrada, A., García-Pérez, E., Pérez-Vázquez, A.,

Rocandio-Rodríguez, M., Córdova-Téllez, L. 2019. Variación morfológica in situ de *Carica papaya* L. nativa de México. Revista Fitotecnia Mexicana 42(1): 47-55.

Jagota, S.K., Dani, H.M. 1982. A new colorimetric technique for the estimation of vitamin

C using Folin phenol reagent. Analytical Biochemistry 127: 178-182.

Krongyut, W., Srilaong, V., Wongs-Aree, C., Uthairaranakij, A., Kanlayanarat, S. 2008.

Physiological and quality changes in different parts of 'Red Maradol' papaya during postharvest period. Acta Horticulturae 804: 363-366.

Lal, S.P., Singh, S.I., Choudhary, R. 2016. Papaya: Biology, cultivation, production and

uses. CRC Press-Taylor & Francis. Boca Raton, FL, USA. 266 p.

Miranda-Ramírez, J.M., Aguilar-García, O., Miranda-Medina, D. 2020. Comparación de

la productividad agrícola-económica sustentable y convencional de papaya, en

- Michoacán, México. *Agronomía Mesoamericana* 31(2): 385-403.
- Mitra, S.K., Sharma, S. K., Pathak, P.K. 2019. Papaya cultivars of the world. *Acta Hort.* 1250: 15-22.
- Negueruela, Á.I. 2012. Is the color measured in food the color that we see?. In:Color in food. Technological and Psychophysical aspects. Caivano, J.L., Buera, M.P. (Eds.) CRC Press. 99: 81-91.
- Ong, M.K., Forney, C.F., Alderson, P.G., Ali, A. 2013. Postharvest profile of a Solo variety 'Frangi' during ripening at ambiente temperatura. *Scientia Horticulturae* 160: 12-19.
- Parven, A., Rezwan, S. Md., Megharaj, M., Meftaul, I. Md. 2020. Prolonging the shel life of papaya (*Carica papaya* L.) using Aloe vera gel at ambient temperatura. 265: 109228 doi.
- Paull, R.E., Chen, N.J. 2014. Recent advances in postharvest management of papaya. *Acta Horticulturae* 1024: 321-328.
- Pinillos, V., Guerrero, J., Salinas, J., Cuevas, J., Hueso, J.J. 2019. Fruit quality characterization and harvest maturity index of three papaya cultivars grown in green houses in south-east Spain. *Acta Horticulturae* 1250: 173-178
- Ramos-García, M., Bautista-Baños, S., Troncoso-Rojas, R., Bosquez-Molina, E., Alia-Tejagal, I., Guillén-Sánchez D., Gutiérrez-Martínez, P. 2010. Papaya postharvest handling in Mexico: use of chitosan and isothiocuanates to control postharvest diseases. *Fresh Produce*, 4(1): 21-28.
- Re, R.; Pellegrini, N.; Proteggente, A.; Pannala, A.; Yang, M.; Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine* 26: 1231- 1237.
- Rodríguez-Amaya, D.B.; Kimura, M. 2004. HarvestPlus Handbook for Carotenoid

- Analysis. HarvestPlus Technical Monograph Series 2. Screening Method for Sweetpotato and Cassava. Brasil. HarvestPlus, 2004. p. 35-36
- Salveit, M.E. 2016. Respiratory metabolism. In: Postharvest Ripening Physiology of Crops. Pareek, S. (Ed.). CRC Press. pp:139-156.
- Santamaría, B.F., Mirafuentes, H.F., Azpeitia, M.A. 2021. Rendimiento y calidad de fruto de las variedades de papaya BS y BS-2. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research 4(3): 3883-3789.
- Santamaría, B.F., Sauri, D.E., Espadas y Gil, F., Díaz, P.R., Larqué-Saavedra, A., Santamaría, J.M. 2009. Postharvest ripening and maturity indices for maradol papaya. Interciencia 34(8): 583-588.
- Santamaría, F., Mirafuentes, F., Zavala, M.J., Vázquez, E. 2015. Calidad de frutos de materiales comerciales de papaya roja producidos en Yucatán, México. Agronomía Costarricense 39(1): 161-167.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. Cierre de la Producción Agrícola 1980-2020. En línea: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119> consultado el 23 de abril de 2022.
- Sidhu, J. S. 2012. Tropical Fruit II: Production, processing and quality of guava, lychee and papaya. In: Sinha, N.K., Sidhu, J.S., Barta, J., Wu, J.S.B., Cano, M.P. (Eds.), Handbook of fruits and fruit processing, pp: 591-628. John Wiley & Sons.
- Singleton, V.L., R. Orthofer, and R. M. Lamuela-Raventos. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Method. Enzymol. 299: 152-178.
- Sivakumar, D., Wall, M. M. 2013. Papaya fruit quality management during the postharvest supply chain. Food Reviews International 29: 24-48.

- Suárez, V.A., Juárez-López, P., López-Martínez, V., Pérez-Flores, J.J., Guillén, S.D., Alia-Tejagal, I. 2017. Antioxidant activity and physicochemical parameters in 'cuernavaqueña' mexican plum (*Spondias purpurea* L.) at different ripening stages. *Revista Brasileira de Fruticultura* 39(4): e-787.
- Thanaraj, T., Terry, L.A. 2011. Tropical fruit [Banana, pineapple, papaya and mango]. In: Terry, L.A. (Ed.), *Health-promoting properties of fruit and vegetables*. pp: 353-370. Oxfordshire: CABI.
- Venkatappa, A.H., Bhat, R. 2015. Composition of papaya fruit and papaya cultivars. In: *Nutritional composition fo fruit cultivars*, Preedy, V.R., Simmonds, M.S.J. (eds.), Academic Press, pp:497-516.
- Yahia, E. M., Ornelas-Paz, J. J, Emanuelli, T., Jacob-Lopes, E., Queiroz, Z. L., Cervantes, P.B. 2018. Chemistry, stability and biological actions of carotenoids. In: Yahia, E.M. (ed.), *Fruit vegetable phytochemicals: chemistry and human health*, V.II. pp: 285-345. Chichester: Wiley Blackwell.
- Zhang, L.-X., Paull, R.E. 1990. Ripening behavior of papaya genotypes. *HortScience* 25(4): 454-455.

CAPITULO III

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y AGRONOMICO DE VARIEDADES DE PAPAYA (*Carica papaya* L.)

RESUMEN

La papaya (*Carica papaya* L.) es un frutal muy aceptado, considerada una de las frutas de mayor valor nutritivo y digestivo, siendo utilizada ampliamente en la dieta básica, consumiéndose principalmente en fresco y en jugo , además de que en el mercado tanto interno como de exportación, presenta alta rentabilidad. En México se cultiva en las zonas tropicales y subtropicales cercanas al Golfo de México y Océano. Su cultivo puede ser una gran alternativa para aumentar la diversidad agrícola en la región Oriente del Estado de Morelos, esto debido a la existencia de áreas con condiciones climáticas favorables para el óptimo desarrollo de este frutal. Aunque actualmente, uno de los problemas que afectan a este cultivo son el bajo número de variedades explotadas comercialmente y la susceptibilidad a plagas y enfermedades. La variedad Maradol es una de las principales variedades de papaya que se cultivan y comercializan en México, siendo muy apreciada para consumo en el mercado mexicano y en diversas partes del mundo, pero presenta para su consumo un tamaño relativamente grande de los frutos, bajo contenido de azúcar y susceptibilidad a enfermedades virales y fungosas, esto último representa mayor riesgo fitosanitario para un cultivo de un sólo material genético. Es por ello que en el presente trabajo se evaluó el comportamiento productivo y agronómico de seis diferentes genotipos de papaya, siendo estos Maradol, Maradona, Lenia, Morada, Carinice y un material seleccionado, S43-UAGRO19. Maradona' mostró las mejores características morfoagronómicas altura, diámetro de tallo y número de frutos; mientras que en poscosecha mostró los mejores valores de SST y el peso del fruto. Palabras clave: Rendimiento, calidad, variedades.

PRODUCTIVE AND AGRONOMIC BEHAVIOR OF PAPAYA VARIETIES (*Carica papaya* L.)

ABSTRACT

The papaya (*Carica papaya* L.) is a highly accepted fruit tree, considered one of the fruits with the highest nutritional and digestive value, being widely used in the basic diet, being consumed mainly fresh and in juice, in addition to both the domestic market As for export, it presents high profitability. In Mexico it is cultivated in the tropical and subtropical zones close to the Gulf of Mexico and the Ocean. Its cultivation can be a great alternative to increase agricultural diversity in the Eastern region of the State of Morelos, due to the existence of areas with favorable climatic conditions for the optimal development of this fruit. Although currently, one of the problems that affect this crop is the low number of commercially exploited varieties and susceptibility to pests and diseases. The Maradol variety is one of the main papaya varieties that are grown and marketed in Mexico, being highly appreciated for consumption in the Mexican market and in various parts of the world, but for consumption it presents a relatively large size of the fruits, low content of sugar and susceptibility to viral and fungal diseases, the latter represents a greater phytosanitary risk for a crop of a single genetic material. That is why in the present work the productive and agronomic behavior of six different papaya genotypes was evaluated, these being Maradol, Maradona, Lenia, Morada, Carinice and a selected material, S43-UAGRO19. Maradona' showed better morphoagronomic characteristics in terms of height, stem diameter and number of fruits, while in postharvest variables favorable characteristics were also observed in terms of TSS and fruit weight. Key words: Yield, quality, varieties.

3.1. INTRODUCCIÓN

La papaya es la tercera fruta tropical más consumida en el mundo y por el dinamismo en su comercialización, es considerada una de las más importantes económicamente (Evans y Ballen, 2012). La principal variedad de papaya que se cultivan en México es Maradol, siendo los estados productores más importantes Veracruz, Chiapas, Oaxaca, Colima, Guerrero y Michoacán. Es un frutal muy aceptado, considerada una de las frutas de mayor valor nutritivo y digestivo, siendo utilizada ampliamente en la dieta básica, consumiéndose principalmente en fresco y en jugo, además de que en el mercado tanto interno como de exportación, presenta alta rentabilidad.

Su cultivo puede ser una gran alternativa para aumentar la diversidad agrícola en la región Oriente del Estado de Morelos, esto debido a la existencia de áreas con condiciones climáticas favorables para el óptimo desarrollo de este frutal. Aunque actualmente, uno de los problemas que afectan a este cultivo son el bajo número de variedades explotadas comercialmente y la susceptibilidad a plagas y enfermedades.

La variedad 'Maradol' es la principal variedad de papaya que se cultiva en México, así como en diversas partes del mundo, pero una de las principales desventajas de esta variedad es su alta susceptibilidad al virus de la mancha anular (PRSV) y antracnosis. La variedad Maradol es muy apreciada para consumo en el mercado mexicano y en diversas partes del mundo, pero presenta para su consumo un tamaño relativamente grande de los frutos, bajo contenido de azúcar y susceptibilidad a virosis (Posada et ál. 2010), esto último representa mayor riesgo fitosanitario para un cultivo de un sólo material genético (Alonso et ál. 2008). Es por ello que en el presente trabajo se evaluó el comportamiento productivo y fitosanitario de cinco variedades de papaya con calidad similar a la presentada por la variedad 'Maradol' roja.

3.2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el campo experimental de la Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc (EESuX), de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, ubicada en Xalostoc, Ayala, Morelos, durante el año 2020 en una superficie de 2,500 m², plantado sobre un suelo migajón arcillo-arenoso, localizado en las coordenadas geográficas 18°44'27.04" latitud Norte y a 98°54'39.86" longitud Oeste, a una altitud de 1330 msnm, predominando el clima cálido subhúmedo (INEGI, 2009).

Para el ensayo se utilizaron plantas de papaya (*Carica papaya* L.) de los genotipos Maradol roja, Maradona, Lenia, Carinice, Morada y un material seleccionado de la Universidad Autónoma de Guerrero, S43-UAGRO19.

Para el experimento se utilizaron plantas de papaya (*Carica papaya* L.), las cuales se produjeron en un invernadero situado en la EESuX, la semilla que se utilizó para la germinación fueron de los diferentes genotipos antes descritos, los cuales fueron puestos en charolas de plástico de 50 cavidades que contenían una mezcla de sustrato de Peat Moss más vermicomposta (1:1), una vez las plántulas empezaron a emerger, se mantuvieron en las charolas hasta alcanzar una altura de 12-15 cm de altura, para posteriormente ser trasplantadas en bolsas de polietileno de 20 x 20 cm, con el mismo sustrato antes mencionado y, en la misma proporción, una vez alcanzada una altura de 25-30 cm fueron trasplantadas al área experimental.

Para el establecimiento de la parcela se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con seis tratamientos y cuatro repeticiones. El experimento se distribuyó en una parcela con una superficie total de 2,350 m². La parcela se distribuyó en 24 unidades experimentales, las cuales estuvieron constituidas por 3 hileras a 3 m de distancia, por 12 m de largo, con una superficie de 108 m². La parcela útil fue la hilera central de cada unidad experimental, excluyendo una planta en cada extremo. El marco de plantación fue de 3.0 m entre hileras y 1.50 m entre plantas, a una densidad 2,200 plantas.ha⁻¹ (Fig. 3).

Cuando las plantas alcanzaron de 25-30 cm de altura en vivero, fueron trasplantadas a la unidad experimental correspondiente en el campo experimental de la EESuX en noviembre de 2019.

Se consideró a las variedades como los tratamientos, se evaluaron seis genotipos (Cuadro 1). Se utilizó un diseño bloques completos al azar, como unidad experimental se tuvieron tres plantas y se utilizaron cuatro bloques

Cuadro 1. Variedades e híbridos de papaya que se evaluaron en Xalostoc, Ayala, Morelos para determinar su comportamiento agronómico y productivo.

Tratamiento	Variedad /Híbrido	Características
1	Maradol roja	Rendimiento de 70-100 ton/ha Peso de frutos de 1.8-2.5 kg Susceptible a PRSV
2	Maradona	Rendimiento de 80-110 ton ha Peso de frutos de 1.5-2.5 kg Tolerancia a hongos poscosecha Hibrido
3	Lenia	Floración de 1.5 a 2 meses después de trasplante Cosecha a partir de 7 meses
4	Morada	Planta de porte bajo durante el primer año, alcanza una altura de 1.6 m.
5	Carinice	Tolerante a PRSV y antracnosis
6	S43-UAGRO19	Pulpa roja

El manejo del cultivo fue el siguiente: El riego de la plantación se realizó mediante riego rodado cada 3 días, durante los primeros 2 meses, procurando humedecer la mayor área alrededor de las plantas, posteriormente se realizaron los riegos a intervalos de 8 días.

Se realizaron aplicaciones de paraquat, antes del trasplante a campo a dosis de 4 mL/ L agua, posteriormente se realizaron aplicaciones bimestrales de Glufosinato de amonio como herbicida sistémico a dosis de 8 mL/ L de agua. Se realizaron las aplicaciones bimestrales del fertilizante Novatec Premium® (nitrógeno 15%; fosforo 3%, potasio 20%; zinc 0.01%), a dosis de 100 gr/planta. Para el control de acaros, como la arañita roja (*Tetranychus urticae*), se realizaron aplicaciones quincenales del I.A. abamectina.

Las variables evaluadas fueron altura se registró en centímetros, desde la base del tallo hasta la altura máxima del dosel de las hojas. El diámetro del tallo se midió en cm, aproximadamente a 10 cm del suelo. El número de flores se cuantifico registrando el número de flores por planta. La evaluación de estas variables se realizó en la parcela útil de cada unidad experimental. Las evaluaciones se realizaron cada 30 días. Número de frutos: Se contabilizo el número de frutos amarrados por planta. Se consideró fruto amarrado después de que los restos del estigma se cayeron. El rendimiento de frutos se determinó en base al peso promedio de frutos por tratamiento (los cuales fueron cosechados una vez comenzo el cambio de coloracion en el epicarpio), multiplicado por el promedio total de frutos por planta por tratamiento, por la densidad de plantación establecida.

Se realizaron las mediciones de las condiciones climáticas tales como temperatura máxima y mínima, así como la precipitación pluvial, con ayuda de una estación climatológica instalada en el campo experimental de la EESuX. En poscosecha se evaluaron la masa o peso del fruto: El peso del fruto se registro en gramos, en madurez deconsume, se obtuvo con una balanza digital (OAHU® USA). EL color se determine midiendo losparámetros de color, luminosidad (L), ángulo de matiz (Hue) y cromaticidad (croma) enel epicarpio y pulpa, en seis puntos de dos caras contrarias del fruto (tres puntos por cara), con un espectrofotómetro manual X-Rite® (mod 3290, USA).

Solidos solubles totales (SST). Se determinaron a partir de tres gotas de jugo, colocadas en un refractómetro digital ATAGO PAL-1®, Japón los valores se reportaron

en °Brix. Acidez titulable (AT). Esta se determinó de acuerdo a lo establecido por la AOAC (1995), donde se pesó 1.0 g de pulpa la cual se homogenizó con 15 mL de agua destilada con un Ultraturax®, filtrándose posteriormente con papel filtro, donde cinco mL del filtrado fueron titulados con NaOH 0.1 N, usándose fenolftaleína como indicador, los resultados se expresaron como porcentaje de ácido cítrico. Los datos fueron procesados con el paquete estadístico SAS, con un análisis de varianza y comparación de medias mediante Tukey ($p < 0.05$).

3.3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

La variabilidad apreciada para altura de la planta, diámetro del tallo y, número de frutos por planta puede ser influenciado por las condiciones ambientales. Este aspecto influye en las diferentes fases fenológicas de las plantas en el momento de ser evaluadas. La temperatura es el factor que determina la duración de las fases fenológicas desde la germinación de la semilla hasta la madurez del fruto (Hernández & Soto., 2012 y Maqueira *et al.*, 2016)

Altura de plantas

El ecotipo S43-UAGRO presentó mayor promedio de altura después de ocho meses de trasplante, alcanzando valor promedio de 1.50 m, aun así, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, respecto al testigo T2. Maradol con promedio de 1.20 m, el cual presentó valor inferior en esta variable junto con el tratamiento 3 (Lenia) y 4 (Morada) respectivamente, (Figura 12), estos valores son similares a los presentados por Ruiz *et al.*, (2020), quienes compararon diferentes cultivares de papaya, incluyendo a Maradol roja y Maradol amarilla, las cuales presentaron alturas promedio de 145 cm, mientras que en este estudio, Maradol roja tuvo valores de 120 cm (Figura 12).

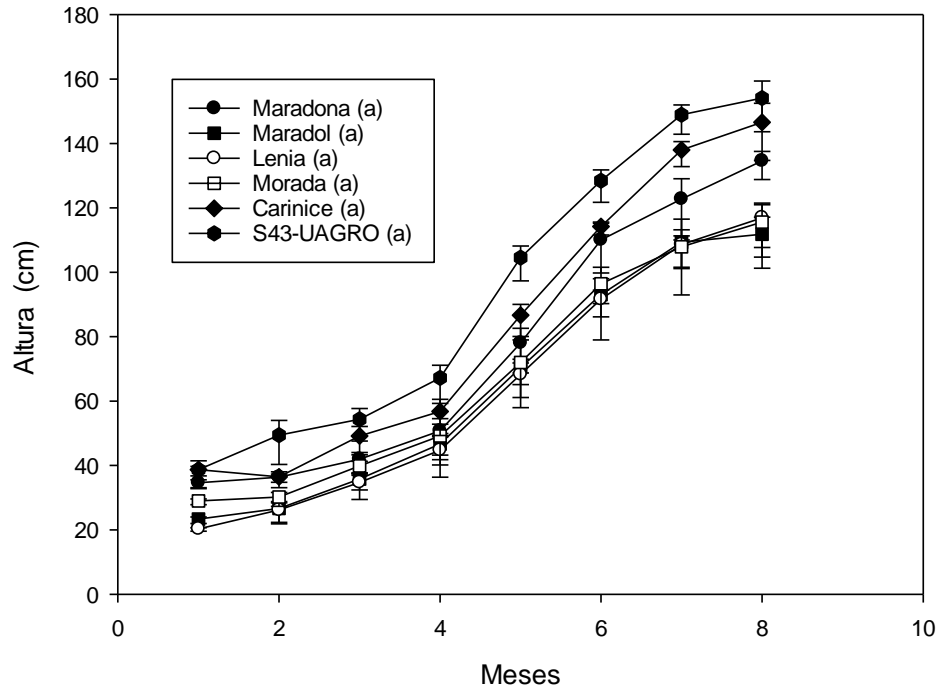


Figura 12. Altura de planta de seis genotipos, valorada después de ocho meses de trasplante

Diámetro de tallo

En diámetro de tallo se encontraron diferencias estadísticamente significativas donde se obtuvo el mayor promedio en el genotipo Maradona, seguido de S43-UAGRO19 y Carinice un primer grupo, mientras que Maradol, Lenia y Morada que obtuvieron los menores valores, se situaron en un segundo, resultados similares a los obtenidos por Magaña-López *at al.*, 2019.

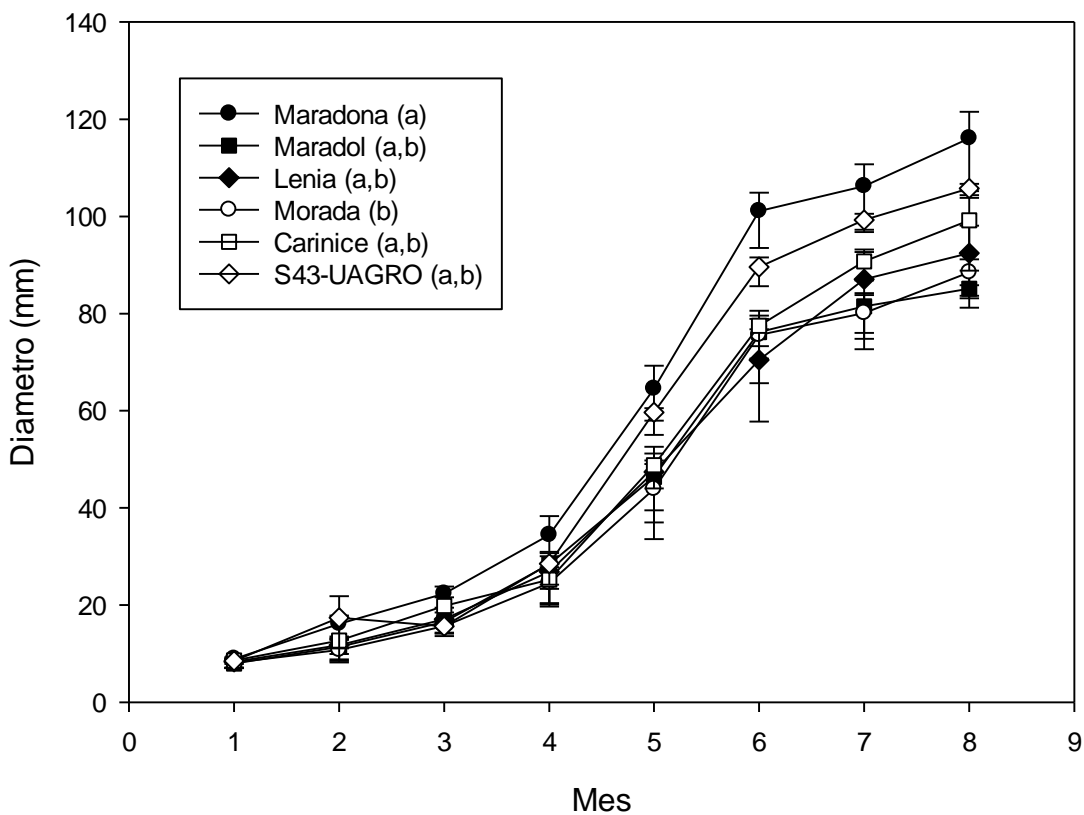


Figura 13. Diámetro de tallo de seis genotipos, valorada después de ocho meses de trasplante

Numero de flores

Respecto al número de flores no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre genotipos evaluados, después de, ocho meses de trasplante, aunque, visualmente se llegaron a contar mayor número de flores por planta en el genotipo S43-UAGRO.

Numero de frutos y rendimiento potencial

En esta variable se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamiento evaluados, donde el tratamiento 2, Maradona, presento la mayor

cantidad de frutos amarrados a los 8 meses después del trasplante, mientras que el tratamiento 6, S43- UAGRO, tuvo el menor número de frutos amarrados, lo cual en relación al peso de los frutos obtenidos, Maradona presento uno de los mayores rendimientos potenciales junto con Maradol con hasta 118 Ton/ha, y el menor rendimiento con 72.7 Ton/ha, respectivamente (Cuadro 5), Aguilar *et al.*, (2019) reporta valores similares de peso de frutos en el genotipo Mulata y Maradol, con aplicaciones de fertilizantes químicos.

En esta variable se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre genotipos, donde Maradona, presentó la mayor cantidad de frutos cuajados a los 8 meses después del trasplante, mientras que S43- UAGRO, tuvo el menor número de frutos amarrados. En relación al peso de los frutos , las variedades Maradol y Maradona presentaron mayor rendimiento (118 t ha⁻¹), mientras que S43-UAGRO19 obtuvo el menor rendimiento, con 72.7 t ha⁻¹(Cuadro 5), Aguilar *et al.*, (2019) reportaron valores similares de peso de frutos en el genotipo Mulata y Maradol, con aplicaciones de fertilizantes químicos.

Cuadro 5. Variables evaluadas en seis diferentes genotipos de papaya, después de ocho meses del trasplante.

Tratamiento	No. Flores	No. Frutos	Peso fruto (Kg)	Rendimiento Potencial (Ton/ha)
1	9.04 (a)	24.083 (a,b)	2.24 (a)	118.6 (a)
2	11 (a)	25.917 (a)	2.1 (a,b)	118.09 (a)
3	9.33 (a)	23.083 (a,b)	1.69 (c)	85.81 (b)
4	10.04 (a)	23.667 (a,b)	1.51 (c)	78.68 (b)
5	9.37 (a)	22.500 (a,b)	1.76 (b,c)	87.46 (b)
6	11.79 (a)	21.396 (b)	1.54 (c)	72.70 (b)
DMS	2.861	4.05	0.38	20.91

En valores con la misma letra, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas

Variables poscosecha

En el cuadro 6 se presentan los datos obtenidos de las evaluaciones de las características físicas poscosecha. Los resultados indican que el genotipo en el que se obtuvo mayor firmeza de la pulpa fue en T6-S43-UAGRO, seguido de T5-Carinice, en los que se obtuvieron valores superiores a 40 N, que es lo que se esperaría de los frutos en los que se obtuvo también mayor grosor de pulpa, por otra parte en T1-Maradol y T2-Maradona se obtuvieron los menores valores de firmeza y se obtuvieron también, valores más bajos de grosor de pulpa en comparación con los tratamientos 5 y 6, aun así, los valores presentados en todos los genotipos evaluados, son superiores a los reportados por Santamaria *et al.*, (2015), en frutos de papaya Maradol en madurez de consumo, donde se obtuvieron valores de hasta 9.9 N lo cual podría deberse, como mencionan ellos, a la nutrición dada durante el desarrollo de los frutos. T3- Lenia y T4- Morada, permanecieron en un grupo en ambas variables y, presentando diferencias significativas respecto a los demás genotipos. En las variables de sólidos solubles totales y acidez titulable, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes genotipos evaluados. En cuanto al peso se obtuvo el mayor valor en T5- Carinice y en T1-Maradol y, el menor en T3-Lenia y T4-Morada, los cuales eran frutos más pequeños en comparación a Carinice y Maradol, estos valores obtenidos son mayores a los presentados por Aguilar *et al.* (2015), quienes evaluaron diferentes fuentes de fertilizantes, obtuvieron valores menores (1.7 Kg) a los presentados en esta investigación en frutos de la variedad Maradol.

Cuadro 6. Evaluaciones físicas de frutos de 6 genotipos de papaya

Tratamiento	Firmeza (N)	SST	AT	PES (Kg)	GP (mm)
1	34.05 ab	8.9 a	0.09 a	2.08 a	14.35 ab
2	38.72 ab	8.3 a	0.09 a	1.88 bc	15.69 ab
3	32.62 b	8.2 a	0.08 a	1.55 c	13.64 b
4	26.89 b	8.6 a	0.08 a	1.65 bc	11.84 b
5	47.73 a	8.6 a	0.10 a	2.69 a	18.82 a
6	48.52 a	7.9 a	0.09 a	2.00 bc	18.84 a
DMS	15.07	2.5	0.03	0.49	4.79

3.4. CONCLUSIONES

Maradona presento los valores mas altos en las diversas variables morfoagronicas evaluadas, así como mayor tamaño y peso de frutos, lo cual la hace un genotipo que puede explotarse ampliamente en la region oriente del estado de Morelos, al presentar características favorable para los productores, lo que la haria rentable, mientras que por otra parte, Morada fue la que mostro las características menos favorable, teniendo los valores mas bajos, lo cual la haria un material poco rentable para los productores, por lo menos en la region.

3.5. LITERATURA REVISADA

Agrios, N. G. (2002). Fitopatología. México, D.F. Editorial Limusa S.A. de C.V.

Aguilar, C. C., Alcántara, J. J., Bautista, S. y Nazario, Á. 2019. Rendimiento y rentabilidad de genotipos de papaya en función de la fertilización química, orgánica y biológica. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 10. 10.29312/remexca.v10i3.1498.

Alonso, M., Tornet, Y., Aranguren, M., Ramo, R., Rodríguez, K., Pastor, M. 2008. Caracterización de los frutos de cuatro cultivares de papaya del grupo solo, introducidos en Cuba. Agronomía Costarricense 32(2):169-175.

Bielinis, E, Jozwiak ,W, Robakowski ,P. 2015. Modelling of the relationship between the SPAD values and photosynthetic pigments content in *Quercus petraea* and *Prunus serotina* leaves. Dendrobiology. 73:125-34. doi:10.12657/denbio.073.013

Cabrera, M. D., Portal, V. O, Cruz, M. M. 2010. Efecto de la temperatura en la virulencia del virus de la mancha anular de la papaya (PRSV-P). Fitosanidad, Junio-Sin mes, 123-125.

Ciba-Geigy. 1981. Manual para ensayos de campo en protección vegetal. Segunda Edición. Basilea Suiza. 205 p.

Cristóbal, A. J., Tun, S. J. M. y Méndez, G. R. 2006. Prevención y control integral de enfermedades. In: paquete tecnológico de producción de papaya (*Carica papaya* L.), Cituk, C. D. E. SEP-Instituto Tecnológico de Conkal. 33-37 pp.

Díaz, G. G., Garza, L. y Munro, O. D. 2002. Evaluación de cultivares y guía para producir papaya en la costa de Jalisco. INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Costa de Jalisco. Folleto Técnico Núm. 1, La Huerta, Jalisco, México.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2016) [consultado 15 Oct 2018]. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP>

FAOSTAT. En línea: <https://www.fao.org/faostat/es/#data>, consultado el 23 de abril de 2022.

Fauquet, C. M., Mayo, A. M., Maniloff, J., Desselbelguer, U. and Ball, A. L.: Virus Taxonomy: The Eighth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses, Elsevier, EE. UU., 2005.

FUPROMOR A.C. 2011. Tecnologías Generadas y Disponibles por Cadena Productiva. Cuernavaca, Morelos; México. Consultado en: <http://www.producemorelos.org/PM%2025%20RED%20ok.pdf>

García, P. E., López, H., A. Y., Teliz, O., D. and Nieto Á. D. 1995. Fruit set and yield of papaya (*Carica papaya* L.) under integrated management to reduce ringspot viruses effects. Acta Horticulturae 370: 145-150.

García, A. M. 2010. Guía técnica del cultivo de la papaya. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova". Ciudad Arce, La Libertad, El Salvador. P. 8.

GIP (Grupo Interdisciplinario del cultivo de Papayo. Andrade, H.; Avila, C.; García, E.;

Mora, A.; Nieto, D.; Téliz, D.; Villanueva, J.). 1994. La mancha anular del papayo en Veracruz, México y su manejo integral. Memoria, VII Reunión Científica Sector Agropecuaria y Forestal del Edo. Veracruz, Veracruz. México. 289 p.

Gobierno del estado de Yucatán. 1997. Experiencias obtenidas en el cultivo de papaya Maradol en el estado. Secretaría de Desarrollo Rural. Editorial DAHEMONT, Mérida, Yucatán. 115 p.

Guzmán, E., Gómez, R., Pohlen, A. J., Álvarez, J., Pat, J. y Geissen, V. (2008). La producción de papaya en Tabasco y los retos del desarrollo sustentable. *El Cotidiano*, 23(147), 99–106.

Hernández, P. R., Guillen, S. D., Pérez, L. M. y Casanova, C. E. (2017). Viral inhibitors to control the Papaya ringspot virus on *Carica papaya*. *Ciencia e investigación agraria*, 44(3), 312-319.

Hernández-Castro, E., Villanueva-Jiménez, J.A., Mosqueda-Vázquez, R., y Mora-Aguilera, J.A. 2004. Efecto de la erradicación de plantas enfermas por el PRSV-P en un sistema de manejo integrado del papayo (*Carica papaya* L.) en Veracruz, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 22:382-388.

Hernández Córdova, N., & Soto Carreño, F. (2012). Influencia de tres fechas de siembra en el crecimiento y rendimiento de especies de cereales cultivadas en condiciones tropicales. Parte II. Cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench var. Isiap Dorado). *Cultivos Tropicales*, 33(2), 50-55. Recuperado el 23 de enero de 2020, de: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v33n2/ctr07212.pdf>

INIFAP. 2011. Paquete tecnológico para la producción de papaya en Sinaloa. Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa, A. C. Sinaloa, México. 37 p.

Maqueira López L. A., Torres de la Nova, W., Pérez Mesa, S.A., Díaz Paez, D., & Roján Herrera,

O. (2016). Influencia de la temperatura ambiental y la fecha de siembra sobre la duración de las fases fenológicas en cuatro cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales*, 37(1), 65-70. Recuperado el 20 de diciembre de 2019, de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-

Pereira, G.M., Marin, L.S.D., Martelleto, P.L.A., Ide, D.C., Martins, P.S., Pereira, S.T.N. 2002. Melhoramento genético do mamoeiro (*Carica papaya* L.): Comportamento de híbridos no norte do Estado do Rio de Janeiro. In: XVIII Congresso Brasileiro de Fruticultura: Tecnologia, Competitividade, Sustentabilidade, 22 a 26 de nov/2002, Sta Catarina, Brasil.

Posada, P.L., Gómez, K.R., Pérez, P.J., Reyes, V.M., Norman, M.O. 2010. Development of a new papaya (*Carica papaya* L.) hybrid IBP 42-99. *Interciencia* 35(6):461-465.

Rabara, R.C., Valencia, L.D., Sumalde, A.C., Bajet, N.B., and Villegas, V.N. 1996 Correlation between aphid abundance and ringspot virus disease incidence in papaya. *Philippine Journal of Crop Science* 21:58-60

Rivas, V. P., Mora, A. G., Téliz, O. D. y Mora A. A. 2003. Influencia de variedades y densidades de plantación de papayo (*Carica papaya* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología* 21: 109-116.

Santamaría, F., Mirafuentes, F., Zavala, M. J., & Vázquez, E. (2015). CALIDAD DE FRUTOS DE MATERIALES COMERCIALES DE PAPAYA ROJA PRODUCIDOS EN YUCATÁN, MÉXICO. *Agronomía Costarricense*, 39(1),161-167.[fecha de Consulta 26 de Febrero de 2023]. ISSN: 0377-9424. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43638524013>

Santamaría, B. F., Díaz, P. R., Gutiérrez, A. O., Santamaría, F. J. and Larqué, S. A. (2011). Control of two species of *Colletotrichum* causing anthracnose in Maradol papaya fruits. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(5), 631-643. Recuperado en 15 de octubre de 2018, de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200709342011000500001&lng=es&tlng=en.

SIAP. (2017). Cierre de la producción agrícola. Revisado en <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Suárez, Q. M., Mendoza, B. I., Monroy, R. J., De la Cruz, M. J., Angulo, G. O. y González, R. O. 2013. Aislamiento, identificación y sensibilidad a antifúngicos de hongos fitopatógenos de papaya cv. Maradol (*Carica papaya* L.). Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 14 (2), 115-124.

Tripathi, S., Suzuki, Y. J., S. A. Ferreira, A. S. and Gonsalves, D. 2008. Papaya ringspot virus-P: Characteristics, Pathogenicity, Sequence Variability and Control, Molecular Plant Pathology 9:269-280, EE. UU., 2008.

Villanueva, J.J.A., y Peña, R. 1991. Áfidos (Homóptera: Aphididae) colectados en trampas amarillas de agua en la planicie costera de Veracruz, México. Agrociencia Serie Protección Vegetal 2:7-20.

Wang G, Bronson KF, Thorp KR, Mon J, Badaruddin M. 2014. Multiple leaf measurements improve effectiveness of chlorophyll meter for *Durum wheat* nitrogen management. Crop Science. 54(2):817. doi:10.2135/cropsci2013.03.0160

Zavala, L. M. J., Tun, S. J. M., Cristóbal, A. J., Ruiz, S. E., Gutiérrez, A. O., Vázquez, C. M. y Méndez, G. M. 2005. Control poscosecha de la antracnosis en papaya y sensibilidad de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. a fungicidas organosintéticos. Revista Chapingo. Serie Horticultura. 11:251-255.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

Jefatura de Programas de Estudios de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 17 de abril de 2023

Asunto: Voto Aprobación de Tesis.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESENDIZ
TITULAR DE LA DIRECCIÓN DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **Comportamiento productivo y poscosecha de papaya (*Carica papaya* L.)** que presenta el: **M. C. ISAAC MAGAÑA LÓPEZ**, mismo que fue desarrollado bajo mi dirección, y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente *Por una*
humanidad culta
Una universidad de excelencia

DR. IRAN ALIA TEJACAL
Comité Evaluador

C.i.p. Archivo

Av, universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México 62209 Edificio 10-A
Tel (777)3297046, 3297000 Ext. 7046. fagropecuarias@uaem.mx





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

IRAN ALIA TEJACAL | Fecha:2023-04-23 06:59:53 | Firmante

whb9jw/uY4QseRFnm3gpdNZA248TKQw8zqJOKhAd3qzbR8UXZMc4xMJ0F9eRXAqtqi27Fp+5Zt9l+LKTa/BnGCAWovEFeV8Nx+7zeM7LolboQOvwOv0FTQfHvUG1+vOca2E/9JT726lokMJQ0sv9eghAt/tb5IBYEG605of47RUiL31rWNVZYFgcv21G0GGPalfaRXzLJl21NcemXKFi/q3SHRzHmMsdQSeNL2PriePxakHGEJCP67h+GoZmexBbMMB5ow09ISrxLeM+7mnZNaxF2nBvUrAxEP9BHkYUR10Gcgb0HO6dWGMvhQT9xOE9jHSRThE6q+QcrPvIQB9LhA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



JG4zTtea1

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/P2jRmlo2BteO8zdALVzc84KRDlkBnMmz>





Cuernavaca, Morelos, 17 de abril de 2023

Asunto: Voto Aprobación de Tesis.

**MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESENDIZ
TITULAR DE LA DIRECCIÓN DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.
P R E S E N T E.**

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **Comportamiento productivo y poscosecha de papaya (Carica papaya L.)** que presenta el: **M. C. ISAAC MAGAÑA LÓPEZ**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. IRAN ALIA**

TEJACAL, y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

DR. VÍCTOR LÓPEZ MARTÍNEZ
Comité Evaluador

C.i.p. Archivo

Av, universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México 62209 Edificio 10-A
Tel (777)3297046, 3297000 Ext. 7046. fagropecuarias@uaem.mx





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

VICTOR LOPEZ MARTINEZ | Fecha:2023-04-20 10:21:59 | Firmante

h3D5BusKz/r/Vue+11+IQSQHg+Cm0gwQtBfMcWzBqcpkfVKDYLDQD1pb+rxrhR3KilJFauY6qis/3TP7H/GsptstQTX+Urk2C64kkyV4IhxFB5KOJSCfBJRumukIkGuys6Xb40ODL4754n3Ue0h/DO5dPVvgfYfCHDF2P8efz5cVWZLZCYn29b9hsOV456PJdPhwkmeQE1cMWtqyKSi9tZHXH67VZw9+tEzNigEDYHPB7qMb2XyZznZx3H5g2fqpEiowJ/i5AGHVYyVr4T6rrheZeCgWqQICYCcHCUCk1R3sLYcmZ0XKNttxXC1Wgg2yqHy1P3XXMBjh8Stoo8LITw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[niJgcaKUW](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/8zzGoN5eeVOKbMbPizbz5IMsBBIJAaZ>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

Jefatura de Programas de Estudios de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 17 de abril de 2023

Asunto: Voto Aprobación de Tesis.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESENDIZ
TITULAR DE LA DIRECCIÓN DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **Comportamiento productivo y poscosecha de papaya (*Carica papaya* L.)** que presenta el: **M. C. ISAAC MAGAÑA LÓPEZ**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. IRAN ALIA TEJACAL**, y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente *Por una*
humanidad culta
Una universidad de excelencia

DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ
Comité Evaluador

C.i.p. Archivo

Av, universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México 62209 Edificio 10-A
Tel (777)3297046, 3297000 Ext. 7046. fagropecuarias@uaem.mx





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

PORFIRIO JUAREZ LOPEZ | Fecha:2023-04-18 17:42:15 | Firmante

kvQNynbBGhhRgmguKUiOPvc6yGa+zAx+KFTQ2h6uwjgXB/yhC+ElstBglWXhqUmYqdmGh+/6MJwneR9LoGRcf+anEn3YPPJHwL9yZ5x10v4GJf4ICluOh8Wxij8QR6mIntqImMkQyiv40y26EFi67Bq9MKQF1saX7p5Cqne1sXFim14eqWY ZnUbJgkc15lsaNs/JKcuh6OfuhMYeK0dDrhIFxtgtH3tQpUv3ykNZh2Z3NxU0pNhw49VlwEZ+3K838aR/5kEvDCJXwGgUdidJgA/STARZ982WZQ03cq1/o1iaHTfyrIcSuGyYme3iTQpXQtmkqIBBZ7OEFIfPvog==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



yPOMz1nV4

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/tek5B25OgAMvO3QhKppaCDiEQJOaFkCS>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

Jefatura de Programas de Estudios de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 17 de abril de 2023

Asunto: Voto Aprobación de Tesis.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESENDIZ
TITULAR DE LA DIRECCIÓN DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **Comportamiento productivo y poscosecha de papaya (*Carica papaya* L.)** que presenta el: **M. C. ISAAC MAGAÑA LÓPEZ**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. IRAN ALIA TEJACAL**, y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente *Por una*
humanidad culta
Una universidad de excelencia

DR. NELSON AVONCE VERGARA
Comité Evaluador

C.i.p. Archivo

Av, universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México 62209 Edificio 10-A
Tel (777)3297046, 3297000 Ext. 7046. fagropecuarias@uaem.mx





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

NELSON AVONCE VERGARA | Fecha:2023-04-23 14:38:59 | Firmante

16KsDI4sXZnwIWmJlxzyxh6wo7jc9cJm+63aznOmrG0sbS0yrATgCDmsfKsBeJ+bLGSt0gcezM0Wd78ckogggoi96ksCw9qPdzFYwIDG7bac5w4Z56XDulaNbMrHh5kPsCmMi5T
tchMDMvAIM+yNLqEk+VyBBciS4OthGiThiUinsMACeb506i6aLUJF1UygJ1M2C1GG5+gM17eDM4YnfljDql9xnAzX8peC/5T/5B5mwW1SpKfCD4pW63b/O0B/Ar1iUNtwi/QQsOI
KysbA6e+7/A1oz9u4Q6/3At7hGID5dqUDkOHxgNPN0/3spJLK/RUZ9axqDqjlfXc75g==



Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

[jnPBG3DCh](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/QBowCgXdTe4Pp5YwaGyJUIZR8jtKd3Bi>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dirección

Jefatura de Programas de Estudios de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 17 de abril de 2023

Asunto: Voto Aprobación de Tesis.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESENDIZ
TITULAR DE LA DIRECCIÓN DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **Comportamiento productivo y poscosecha de papaya (*Carica papaya* L.)** que presenta el: **M. C. ISAAC MAGAÑA LÓPEZ**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. IRAN ALIA TEJACAL**, y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

DR. DANIEL BARCENAS SANTANA
Comité Evaluador

C.i.p. Archivo

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESENDIZ
TITULAR DE LA DIRECCIÓN DE LA FACULTAD
At. y Red. de C.A. Dirección de Cuernavaca, Morelos, C.U. 209 Edificio 10-A
Tel (777)3297046, 3297000 Ext. 7046. fagropecuarias@uaem.mx



Una universidad de excelencia

RECTORÍA
2017-2023

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

DANIEL BÁRCENAS SANTANA | Fecha:2023-04-18 17:46:25 | Firmante

J/NQy0zNrmY8X+uyi5M+XD9GtXvYjCbboaZZG8qiMN/QADIB+XT0gwLrxXjj6i5sJvv0OIMHAs3yy4ZnDxfl52hFJH8XtVdvJK98fvakuicJu3t3ES4B5srz3n0xrhstft9vyAkB6+AfkVJ8t+cbqcTqU364XfkMQOQ1AS0ymfEBN8oQoAZR2o3iwHPsMBXjJ0do0yVEuth99Ac3AQZ6kx2Gj1Oph1/7iPWikG6whvAPuHvMX0DoYL5j4r3FCgyBu3MoWZ1nfcO8U5DrtIPVp7LqzEG+9c7cb3qBcn90hmymta3H5yPGQvQEgoGi3HuboaKDX63CWuwMKPOky2p7Q==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[Rtod2pATU](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/K8YYjIBAPPbXCire5nU4RrK58Jprwm2a>



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

Jefatura de Programas de Estudios de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 17 de abril de 2023

Asunto: Voto Aprobación de Tesis.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESENDIZ
TITULAR DE LA DIRECCIÓN DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **Comportamiento productivo y poscosecha de papaya (*Carica papaya* L.)** que presenta el: **M. C. ISAAC MAGAÑA LÓPEZ**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. IRAN ALIA TEJACAL**, y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente *Por una*
humanidad culta
Una universidad de excelencia

DR. FRANCISCO PALEMÓN ALBERTO
Comité Evaluador

C.i.p. Archivo

Av, universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México 62209 Edificio 10-A
Tel (777)3297046, 3297000 Ext. 7046. fagropecuarias@uaem.mx





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

FRANCISCO PALEMÓN ALBERTO | Fecha:2023-04-22 22:02:59 | Firmante

cRAydyycgbLsbA1wtq+gxf/96CJkLmuwBYcPwV19yiwHSNSsVyhLjEgZP8HwiuOAbIWgMEr9TsxmQTi6fEgwPDllwUn3zbdmb+BzfKNf6P8m6jM0koyKWx8wxmM5QimuNG3u3UuRoSZB5M9pRGG+nRVPbEczlh+8BYLWwY+/PwhcjM6mUegh7XSMBacTLznOonwcAWmD5AtZRpq4DDjLmZQTSdzWkbeUpZvv7T3xBzT61nK4h+lhJOImj9sdtL27+DJ1XowxWRMPPYOnvPTScrOL15CkkTYG6SQkIKbeQSurC4O2xWsZ6ijSSI24EXbm/eOr0HvVUHs7u+NMtKiPjA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[qT15gcumN](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/9d96aPw3NU0NOIXTFjaulhgFb9VKsUyl>

