



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**CAMBIOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y ACTIVIDAD
ANTIOXIDANTE DE CUATRO ECOTIPOS DE CIRUELA
MEXICANA (*Spondias purpurea L.*).**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO HORTÍCOLA

P R E S E N T A N

BRIGITTE MONCERRAT ROMERO HINOJOSA
JATSIRI JOCELYN ARZATE BOLAÑOS

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. IRÁN ALIA TEJACAL

CODIRECTOR DE TESIS:

Dr. Juan Emilio Álvarez Vargas

Cuernavaca, Morelos, febrero de 2022



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

CAMBIOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE CUATRO ECOTIPOS DE CIRUELA MEXICANA (*Spondias purpurea* L.).

Tesis realizada por **Brigitte Moncerrat Romero Hinojosa y Jatsiri Jocelyn Arzate Bolaños**, bajo la dirección del comité revisor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado:

De la licenciatura en INGENIERÍA HORTÍCOLA

COMITÉ REVISOR

Co-Director de tesis:

Dr. Iran Alia Tejacal

Co-Director de tesis:

Dr. Juan Emilio Alvarez Vargas

Revisor:

Dra. Gloria Alicia Pérez Arias

Revisor:

Dr. Dante Vladimir Galindo García

Revisor:

Dr. Dagoberto Guillén Sánchez

Cuernavaca, Mor., febrero de 2022

AGRADECIMIENTOS

Le damos las gracias a la Universidad Autónoma del Estado de Morelos por abrirnos las puertas, formar el compromiso y la responsabilidad de nuestra formación profesional, por habernos permitido realizar todo el proceso de investigación dentro de su establecimiento educativo. Gracias por permitirnos conocer a nuestros compañeros que ahora son parte de nuestra vida; a mis maestros que se convirtieron en una base fundamental de nuestra formación profesional, siempre nos llenara de orgullo decir que somos parte de la comunidad UAEM.

Agradecemos al Dr. Juan Emilio Alvarez Vargas por el apoyo otorgado en la implementación de las metodologías, así mismo a la M.C. Alyn Mariana Palacios Sosa, por su apoyo y orientación. Por acompañarnos en cada una de las etapas de nuestro trabajo de investigación, guiándonos con sus conocimientos, valores, consejos enseñados en cada una de las metodologías de esta tesis.

¡Gracias! Dr. Irán Alía Tejacal por todas las facilidades que nos brindó durante el trabajo de investigación, por la dedicación, comprensión, el tiempo, los consejos donde fortaleció nuestras habilidades y conocimientos. Siempre estaremos agradecidas por haber confiado en nosotras.

DEDICATORIA

A mis padres Domingo Romero Acosta y Blanca Estela Hinojosa Albino, por ser mi motor en todo momento, por siempre inspirarme a crecer como persona, por ustedes logre una de mis principales metas de vida, por siempre darme el apoyo, sus consejos y siempre haber confiado en mí.

Agradezco a mis hermanas, por ser mi ejemplo a seguir.

A mis amigos, con su apoyo para lograr esta meta, que será el primer escalón a mi objetivo. Por todos sus consejos.

Dr. Irán, gracias, por ayudarnos, apoyarnos, siempre estar al tanto y ver que lo lográramos.

A ti amiga por compartir este triunfo juntas, por cada tensión, las risas, tristezas y el proceso de investigación, esperando lograr más metas juntas y vernos triunfar, te amo Jatsi.

Es para mí un orgullo saber que detrás de esta meta tuve a muchas personas apoyando e inspirando.

A mis padres con todo mi amor y cariño, **Francisco Javier Arzate López, Claudia Bolaños Cárdenas** y mi hermano **José Javier Arzate Bolaños**, por todo su sacrificio, su esfuerzo, y apoyo incondicional; les doy las gracias por darme una carrera para mi futuro, siempre han sido mi ejemplo a seguir, son mi inspiración y mi motivación de cada día para seguir adelante, gracias por hacer de mí, una persona de bien porque gracias a ustedes soy quien soy, soy la hija más afortunada por tener una familia tan maravillosa, familia que día a día a salido adelante a pesar de todas las adversidades.

A gradezco a mis amigos que siempre estuvieron ahí para motivar me y estar cuando más lo necesitaba.

A mi mejor amiga Brigitte por estar conmigo en cada paso que doy, siempre estando en los buenos y sobre todo en los malos momentos, gracias por esta amistad de 8 años, llena de muchas vivencias y aprendizajes juntas. Te amo siempre.

INDICE

	Pág.
1. Introducción	12
2. Objetivo	14
3.- Hipótesis	14
4. Materiales y métodos	15
4.1. Localización	15
4.2. Material vegetal	15
4.3. Organización experimental	16
4.4. Variables evaluadas	16
4.4.1. Respiración	16
4.4.2. Acidez titulable (at)	17
4.4.3. Sólidos solubles total (SST)	17
4.4.4. Índice de sabor (SST/AT)	17
4.4.5. Fenoles totales	17
4.4.6. Flavonoides totales	18
4.4.7. Carotenoides totales	18
4.4. 8. Actividad antioxidante	19
4.4.9. DPPH	19
4.4.10. ABTS	19
4.4.11. FRAP	19
4.4.12. Vitamina C	20
4.5. Análisis de datos	20
5. Resultados y discusión	21
5.1. Respiración	21
5.2. Parámetros de color	24
5.3. Sólidos solubles totales (SST)	27
5.4. Acidez titulable (AT)	29
5.5. Carotenoides totales	31
5.6. Fenoles totales	33
5.7. Flavonoides totales	35

5.8. Actividad antioxidante (DDPH, ABTS, FRAP)	37
5.9. Vitamina C	41
6. Conclusiones	43
7. Literatura citada	44

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ecotipos de ciruela mexicana evaluados, provenientes de Morelos	15
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Respiración en ciruela mexicana (A) 'Amarilla', (B) 'Castilla', (C) 'Chapilla' y (D) 'Roja' después de cosechados en dos etapas de maduración (1/2) 50 % de maduración y (3/4) con 75 % de maduración. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar. *: significativo a 0.05 de acuerdo a la prueba de t. 23
- Figura 2. Parámetros de color en ciruela mexicana (A, E, I) 'Amarilla', (B, F, G) 'Castilla', (C, G, K) 'Chapilla' y (D, H, L) 'Roja' después de cosechados en dos etapas de maduración (1/2) 50 % de maduración y (3/4) con 75 % de maduración. Cada punto representa la media de diez observaciones y su error estándar. *, **, ***: significativo a 0.05, 0.01 y <0.0001 de acuerdo a la prueba de t. ns: no significativo. 26
- Figura 3. Sólidos solubles totales en ciruela mexicana (A) 'Amarilla', (B) 'Castilla', (C) 'Chapilla' y (D) 'Roja' después de cosechados en dos etapas de maduración (1/2) 50 % de maduración y (3/4) con 75 % de maduración. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar. *: significativo a 0.05 de acuerdo con la prueba de t. 28
- Figura 4. Acidez titulable en ciruela mexicana (A) 'Amarilla', (B) 'Castilla', (C) 'Chapilla' y (D) 'Roja' después de cosechados en dos etapas de maduración (1/2) 50 % de maduración y (3/4) con 75 % de maduración. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar. *: significativo a 0.05 de acuerdo con la prueba de t. 30
- Figura 5. Carotenoides totales en ciruela mexicana (A) 'Amarilla', (B) 'Castilla', (C) 'Chapilla' y (D) 'Roja' después de cosechados en dos etapas de maduración (1/2) 50 % de maduración y (3/4) con 75 % de maduración. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar. *: significativo a 0.05 de acuerdo con la prueba de t. 32
- Figura 6. Fenoles totales en ciruela mexicana (A) 'Amarilla', (B) 'Castilla', (C) 'Chapilla' y (D) 'Roja' después de cosechados en dos etapas de maduración (1/2) 50 % de maduración y (3/4) con 75 % de maduración. 34

Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar.

*: significativo a 0.05 de acuerdo con la prueba de t.

Figura 7. Flavonoides totales en ciruela mexicana (A) 'Amarilla', (B) 'Castilla', (C) 'Chapilla' y (D) 'Roja' después de cosechados en dos etapas de maduración (1/2) 50 % de maduración y (3/4) con 75 % de maduración. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar.

*: significativo a 0.05 de acuerdo con la prueba de t.

Figura 8. Actividad antioxidante por el método de DPPH en ciruela mexicana (A) 'Amarilla', (B) 'Castilla', (C) 'Chapilla' y (D) 'Roja' después de cosechados en dos etapas de maduración (1/2) 50 % de maduración y (3/4) con 75 % de maduración. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar. *: significativo a 0.05 de acuerdo con la prueba de t.

Figura 9. Actividad antioxidante por el método de FRAP en ciruela mexicana (A) 'Amarilla', (B) 'Castilla', (C) 'Chapilla' y (D) 'Roja' después de cosechados en dos etapas de maduración (1/2) 50 % de maduración y (3/4) con 75 % de maduración. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar. *: significativo a 0.05 de acuerdo con la prueba de t.

Figura 10. Actividad antioxidante por el método de ABTS en ciruela mexicana (A) 'Amarilla', (B) 'Castilla', (C) 'Chapilla' y (D) 'Roja' después de cosechados en dos etapas de maduración (1/2) 50 % de maduración y (3/4) con 75 % de maduración. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar. *: significativo a 0.05 de acuerdo con la prueba de t.

Figura 11. Contenido de vitamina C en ciruela mexicana (A) 'Amarilla', (B) 'Castilla', (C) 'Chapilla' y (D) 'Roja' después de cosechados en dos etapas de maduración (1/2) 50 % de maduración y (3/4) con 75 % de maduración. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar. *: significativo a 0.05 de acuerdo con la prueba de t.

RESUMEN

Se colectaron entre 50 a 60 frutos de cuatro ecotipos de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) 'Amarilla', 'Castilla', 'Chapilla' y 'Roja' en una etapa de maduración cambiante o con $\frac{3}{4}$ de avance en la maduración para determinar algunos cambios físicos, químicos y actividad antioxidante, durante la maduración a temperatura ambiente. Los resultados indican que los ecotipos 'Amarilla' y 'Chapilla' tuvieron un comportamiento climatérico, en tanto que los ecotipos 'Castilla' y 'Roja' mostraron una disminución constante de la respiración, no se observó efecto de la etapa de maduración en esta variable. El color de la epidermis del fruto disminuyó en todos los parámetros durante la maduración, detectando las diferencias entre las etapas de maduración en cada ecotipo. Los sólidos solubles totales (sst) y acidez titulable (at) mostraron pocas diferencias durante la maduración entre las etapas de cosecha, y se incrementaron de 9.4 a 15.5 °Brix, en sst y la at fue baja entre 0.27 y 0.48 %. Los carotenoides en 'Amarilla', 'Chapilla' y 'roja' disminuyeron durante la maduración en especial cuando los frutos se cosecharon en $\frac{3}{4}$, en tanto que en 'Castilla' los carotenoides se incrementaron. Los fenoles totales se incrementaron en todos los ecotipos durante la maduración, sin detectarse diferencia entre las etapas de cosecha, el incremento fue entre 3 hasta 14 mg EAG g⁻¹ p.f. La vitamina C se incrementó en forma significativa durante la maduración de todos los ecotipos sin detectarse diferencias entre etapas de maduración. Los flavonoides y la actividad antioxidante disminuyeron considerablemente durante la maduración sin detectarse diferencias por la etapa de maduración. Los resultados indican que el proceso de maduración de los cuatro ecotipos evaluados muestran diferencias entre ellos, por lo que es necesario evaluar tecnologías poscosecha en dependencia de cada ecotipo.

PALABRAS CLAVE: Respiración, fenoles totales, actividad antioxidante, carotenoides, sólidos solubles totales.

ABSTRACT

Fruits of four Mexican plum (*Spondias purpurea* L.) were harvested: 'Amarilla', 'Castilla', 'Chapilla' y 'Roja' in two maturation stage: 50 % or 75 % of total epicarp colored, with the objective to evaluate some physical, chemical and antioxidant changes during ripening to room conditions. Results suggests that 'Amarilla' and 'Chapilla' showed a tipycal climateric respiration behaviour, however 'Castilla' and 'Roja' showed reduction of respiration. All colour parameters of the epicarp were reduced during ripening and significant diferences between harvest stages. Total soluble solids (sst) and acidity trititable (at) showed scarce diferences during ripening between harvest stages, the sst increase from 9.4 to 15.5 °Brix and at was mantained between 0.27 ad 0.48 % considering a low acidity of this mexican plum ecotypes. The carotenoids were reducing in 'Amarilla', 'Chailla' and 'Roja' during ripening, with more evidence whe fruits were harvested in ¾ stage, only in 'Castilla' the carotenoids increased. Total phenols were increased in all ecotypes during ripening, without significat diference between harvest stages, the increase was from 3 to 14 mg EGA g⁻¹ of f.w. Vitamin C increased in significative form during ripening in all ecotypes but no significant diferences were detected. Flavonoids and antioxidant activity were reduced during ripening without diferences in harvest stage. In conclusion, during the ripening of the four ecotypes of mexican plum exists diferences in each one, for this reason its necessary evaluate responses to postharvest technologies considering each ecotype.

KEY WORDS: Respiration, total phenols, antioxidant activity, carotenoids, total soluble solids.

1. Introducción

La ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) es un frutal originario de Mesoamérica, donde se le conoce también como 'jocote' (del náhuatl Xocotl o fruto ácido; (Duarte y Paull, 2015). En particular, se considera que el centro de origen es la región occidente de México (Jalisco, Nayarit y Michoacán) y los centros de diversidad genética son la Depresión del Balsas y la Península de Yucatán (Fortuny-Fernández *et al.*, 2017). El género *Spondias*, contiene 17 especies, de las cuales siete están en el Neotropico y 10 en los trópicos asiáticos; al menos seis especies son cultivadas, tres asiáticas y tres americanas: *Spondias mombin*, *S. purpurea* y *S. tuberosa* (Miller, 2011). En la República Mexicana se reporta la presencia de *Spondias mombin*, *S. radlkoferi* y *S. purpurea*, ya sea en forma silvestre o cultivada (Cruz, 2012). Aunque la ciruela mexicana se multiplica con fines comerciales, la información acerca de los genotipos actuales es escasa, debido principalmente a que su cultivo se basa en la agricultura informal en huertos de traspatio, cercas vivas y granjas pequeñas, y los tipos silvestre están en zonas de acceso difícil (Alia *et al.*, 2012). Sin embargo, se cuenta con algunos datos estadísticos reportados en diferentes publicaciones, en nuestro país se produce ciruela en 21 estados, concentrada en Puebla (3,554 ha), Chiapas (2,327 ha) y Sinaloa (1,510 ha) que en conjunto alcanzan una producción de 7,391.5 ha., lo que constituye el 61 % del total de la superficie cosechada en el país (Cruz y Rodríguez, 2012).

Los árboles de *Spondias purpurea* son utilizados como cercos vivos, sus hojas son muy apetecibles por el ganado, y su fruto se consume en estado inmaduro o maduro (Ramírez-Hernández *et al.*, 2008). En algunas regiones como Chiapas es cultivado en forma comercial con un incipiente manejo agronómico que involucra fertilización y control de plagas. Los frutos de la ciruela mexicana son drupas oblongas, redondas u ovoides; de tamaños y masas diversas que fluctúan entre 2 y 5 cm y entre 4 y 33 g respectivamente, con epicarpio liso a semiliso, delgado y de coloración roja, amarilla, café rojiza, anaranjada o morada al madurar, con endocarpio grueso y fibroso y mesocarpio de sabor y aroma agradables (Avitia-García *et al.* 2000). El fruto maduro de la ciruela mexicana proporciona alta densidad calórica, vitamina C y moderada

proporción de minerales como potasio y calcio (Koziol y Macía, 1998), así como compuestos antioxidantes como fenoles carotenoides (Moo-Huchin *et al.*, 2014).

La ciruela mexicana puede dividirse en las de estación seca y las de estación húmeda, lo que se refiere principalmente a la etapa de fructificación y cosecha (Avitia *et al.*, 2000; Miller, 2011). El fruto de la ciruela mexicana 'Cuernavaqueña' es un fruto climatérico con incrementos en la producción de etileno y CO₂, incremento en el contenido de sólidos solubles y azúcares totales, el matiz, carotenoides totales y pérdida de peso, así como una disminución significativa de la firmeza y la acidez titulable del fruto, después de la cosecha (Maldonado-Astudillo *et al.*, 2014). El fruto tiene una vida poscosecha corta, entre 5 y 6 días a temperatura ambiente (Duarte y Paull, 2015). Suarez *et al.* (2017) indican que el contenido de fenoles, flavonoides, carotenoides totales y la actividad antioxidante fue mayor cuando el fruto alcanzó la maduración máxima y se detectaron altas correlaciones positivas entre los compuestos bioactivos y la actividad antioxidante, en el ecotipo 'Cuernavaqueña'. En México se han descrito alrededor de 20 variedades de ciruela mexicana (Avitia-García *et al.*, 2000) y recientemente se han caracterizado algunas colectas en el país; los frutos de estas coletas están en una etapa madura, pero no se ha evaluado el comportamiento al cosecharlas en etapas con 50 o 75 % de maduración y caracterizado los cambios físicos, fisiológicos y de moléculas funcionales, así como su actividad antioxidante

En Morelos, se han caracterizado algunas características físicas químicas, físicas y fisiológicas de algunos ecotipos de la región (Alia *et al.*, 2012, Maldonado *et al.*, 2017; Álvarez-Vargas *et al.*, 2017), sin embargo, no se han evaluado los cambios de manera continua y en etapas de maduración previa a la maduración total. Por lo que en el presente experimento se evaluaron algunos cambios en poscosecha de cuatro ecotipos de ciruela mexicana de clima seco colectadas en Morelos, México, ya que esta información puede ser utilizada para un posterior desarrollo de tecnologías en poscosecha para mantener por más tiempo su vida útil.

2. Objetivo

Evaluar algunos cambios durante la maduración a temperatura ambiente, de cuatro ecotipos de ciruela mexicana cosechados en 50 y 75 % de maduración, con la finalidad de generar conocimiento para proponer tecnologías en poscosecha que mantengan por mayor tiempo su vida útil.

3. Hipótesis

El ecotipos amarilla mostrará una menor velocidad de deterioro en las características físicas, químicas, fisiológicas y el aporte de metabolitos funcionales durante su maduración a temperatura ambiente.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización

El trabajo se realizó en el Laboratorio de Producción Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias que se ubica en el Campus Chamilpa de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Se colectaron frutos de cuatro ecotipos de ciruela mexicana (*spondia purpurea*), ubicados en el estado de Morelos en dos etapas de madurez de consumo.

Los frutos se trasladaron al Laboratorio de Producción Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la universidad autónoma del estado de Morelos.

Donde se ambientaron a la temperatura ambiente del laboratorio y posteriormente se lavaron y se seleccionaron por desarrollo de color y por ausencia de defectos.

4.2. Material vegetal

Se colectaron entre 50 a 60 frutos de árboles, provenientes de cuatro ecotipos de ciruela mexicana, colectadas en el estado de Morelos, México (Cuadro 1). Los frutos fueron cosechados en dos etapas de maduración cambiantes $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de maduración, entre las 8 y 10 am, y trasladados al laboratorio para su acondicionamiento y evaluación.

Cuadro 1. Ecotipos de ciruela mexicana evaluados, provenientes de Morelos.

Ecotipo	Lugar de recolecta	Coordenadas [†]	Altitud (m) [†]
'Castilla'	Cuautlita		
'Chapilla'	Cuautlita	18°42'02.02" N, 99°22'33.41" O	954
'Amarilla'	Cuautlita		
'Roja	Cuahuchichinola	10°40'02.02" N, 99°22'34.20" O	941

[†]: Google Earth Pro (2018).

En el laboratorio, los frutos se lavaron con agua corriente y posteriormente se sumergieron en una solución de cloro al 1 % por 1 min. Posteriormente se colocaron

sobre sanitas y se dejaron secar durante 3 h. Los frutos se seleccionaron para el experimento que no tuvieran daños mecánicos o por patógenos.

4.3. Organización experimental

Los frutos de cada ecotipo se dividieron en: 1) cambiantes, cuando 50 % de la coloración de la epidermis del fruto, sea de la coloración característica del ecotipo y 2) $\frac{3}{4}$ de maduración, cuando los frutos tuvieron 75 % de la coloración característica del ecotipo. Se realizaron muestreos destructivos y no destructivos a los 0, 3, 6, 9 y 12 días después de la cosecha. Los frutos se mantuvieron en charolas durante el periodo de evaluación. La unidad experimental fue un fruto y se tuvieron seis repeticiones. El diseño experimental utilizado fue uno completamente al azar.

4.4. Variables evaluadas

Color. Se determinaron los parámetros de color, luminosidad (L), a^* y b^* en el epicarpio de la zona ecuatorial con un espectrofotómetro manual (X-Rite 3290®, USA). Los valores de a^* y b^* se transformaron al ángulo matiz ($h = \arctan^{-1} b^*/a^*$) y cromaticidad ($C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$) (Neguerula, 2012).

Respiración: La respiración (medida como la producción de CO_2) se cuantificó mediante un sistema estático, que consistió en colocar dos frutos intactos de masa conocida en recipientes con volumen también conocido y cerrados herméticamente durante 1 h. Posteriormente, se tomó una muestra de 6 mL de aire del espacio de cabeza para inyectarlo en un cromatógrafo de gases Agilent Technologies 7890A GC, con una columna tipo abierta con empaque de capa porosa de sílica, conectado simultáneamente a un detector (A) de ionización de flama (FID) a una temperatura de 170°C y otro (B) de conductividad térmica (TCD) a 170 °C. El inyector y horno del cromatógrafo se mantuvo a una temperatura de 150 y 80 °C durante las evaluaciones.

Acidez titulable (AT). Esta se determinó de acuerdo a lo establecido por la AOAC (1995) donde 1 g de epidermis + pulpa se mezcló con un homogenizador Ultraturrax (IKA®, EUA), y posteriormente el homogenizado se filtró, y se tomó 5 mL de filtrado para titularlo con NaOH 0.1 N, usándolo fenolftaleína como indicador, los resultados se expresaron como porcentaje de ácido cítrico. El porcentaje de acidez se calculó con la fórmula propuesta por Ladaniya (2008):

$$Acidez\ titulable\ (\%) = \frac{(Titulación) \times (N) \times (VT) \times (PEAM) \times (100)}{(VMT) \times (VP) \times 1000}$$

Donde:

Titulación: Volumen de NaOH utilizado para titular la muestra

N= Normalidad del NaOH

VT= Volumen de la muestra (1 g) + agua (20 mL) para el homogenizado.

PEAM= Peso equivalente del ácido málico (67)

VMT= Alícuota utilizada para titular (10 mL)

VP= Peso de muestra (1 g)

Sólidos solubles totales (SST). Se determinó a partir de dos gotas del filtrado obtenido para determinar la acidez titulable, colocados en un refractómetro digital ATAGO PAL-1® (Japan) los resultados se reportaron en °Brix.

Índice de sabor (SST/AT). Se determinó el índice de sabor (IS) en relación a los sólidos solubles totales (°Brix) y acidez titulable.

Fenoles totales. Se determinó conforme a la metodología de Folin-Ciocalteu (Singleton *et al.*, 1999). Se homogenizó un gramo de pulpa en un tubo de ensayo con ayuda de un Ultra Turrax (IKA®), con 20 mL de agua destilada y posteriormente se filtró. Se midió una alícuota de 0.5 mL de filtrado y se mezcló con 2.5 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu (1:10) después de 5.0 min se adicionó 2.0 mL de carbonato de sodio (7.5% p/v) y se dejó reposar durante dos horas. Las lecturas se realizaron en un

espectrofotómetro (HACH DR 5000®) A 760 nm. Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido galico EAG) 100 g⁻¹ peso fresco.

Flavonoides totales. Los flavonoides totales fueron determinados mediante la metodología de Arvouet-Grand *et al.* (1994). Se pesó 0.5 g de muestra (pulpa y epicarpio) se añadió 10 mL de metanol y se homogenizo con un Ultra Turrax (IKA®) y posteriormente se filtró. A partir del filtrado se midió 2 mL de muestra y se mezcló con 2 mL de tricloruro de aluminio al 2% (p/v) y se dejó reposar por 15 min de oscuridad. Las lecturas de absorbancia se realizaron a 415 mn, con un espectrofotómetro (HACH DR 5000®). Los resultados se expresaron como mg Equivalentes de Quercetina (EQ) 100 g⁻¹ peso fresco.

Carotenoides totales. para la extracción y cuantificación de carotenoides totales se utilizó la metodología descrita por Rodriguez-Amaya y Kimura (2004). A un gramo de muestra, se le adiciono 15 mL de acetona fría y se homogenizo en un Ultra Turrax (IKA®) se filtró y se agregó 30 mL de hexano y 100 mL de agua destilada, se dejó reposar hasta observar la separación de dos fases, la fase acuosa (fase inferior) se desechó, quedando en el embudo solo la fase superior (extracto que contenía los carotenoides) se agregó 100 µL de NaOH (10 N) y se lavó 4 veces con 100 mL de agua destilada, finalmente tras los lavados el extracto se filtró, en papel que contenía capa de Sulfato de sodio anhidro para eliminar residuos de agua. Se midió el volumen final y se leyó la absorbancia en un espectrofotómetro (DR-5000 HACH, USA) a 452 nm. Los valores de absorbancia de las muestras estuvieron en el intervalo de 0.2 y 0.8 a 452 nm, si las muestras presentaban una absorbancia superior a este rango, se realizaba diluciones con hexano en proporciones de 1:1. El dato obtenido se utilizó para calcular el contenido total de carotenoides mediante la fórmula:

$$\text{Contenido total de carotenoides} = \frac{A \times \text{volumen (mL)} \times 10^4}{A \frac{1\%}{1 \text{ cm}} \times \text{peso muestra (g)}}$$

Dónde: A= absorbancia, volumen =volumen total del extracto, $A \frac{1\%}{1 \text{ cm}}$ = coeficiente de absorción de β-caroteno en hexano (2592). La cuantificación de carotenoides totales se expresó como µg·100 g⁻¹ de peso fresco.

Actividad antioxidante. Para la obtención de los extractos de muestra se pesó por separado 1.0 g de epicarpio + pulpa, se homogenizó con agua destilada (1:10) obteniendo dos muestras que determino las variables a estudiar.

DPPH. Se utilizó la metodología propuesta por Brand-Williams *et al.* (1995), con mínimas modificaciones, este método consistió en colocar una celda de cuarzo de 3 mL de una solución de DPPH metanólica $6, 1 \times 10^{-5}$ M (Sigma Aldrich, USA) y se hizo reaccionar con 100 μ L de solución de muestra, la mezcla se dejó reposar en la oscuridad durante 30 min y se leyó a 517 nm el cambio de absorbancia. Los resultados se expresaron en mg equivalentes de ácido ascórbico (EAA) 100 g^{-1} .

ABTS. Se preparó ABTS (Sigma-Aldrich) 7mM y persulfato de potasio ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) a 2.45 mM y se mesclo 1:1 se dejó reposar durante 16 horas. Se diluyó con etanol 20% hasta alcanzar una absorbancia de 0.7 ± 0.02 a 734 nm. Se agregó 3 mL de ABTS con 50 μ L en muestra y se dejó reaccionar durante 15 min se leyó la absorbancia a 734 nm. Los resultados se expresaron en mg equivalente de ácido ascórbico (EAA) 100 g^{-1} peso fresco (Re *et al.*, 2005).

FRAP. Se empleó la metodología desarrollado por Benzie y Strain, (1996): se preparó el reactivo FRAP (TPTZ, FeCl_3 y tampón acetato) se mesclo 1.8 mL de FRAP con 140 μ L de agua destilada y 60 μ L de muestra, se dejó reaccionar durante 30 min a 37°C y transcurrido el tiempo de reacción se leyó la absorbancia a 593 nm los resultados se expresaron en mg equivalentes de ácido ascórbico (EAA) 100 g^{-1} peso fresco.

Las variables de fenoles, flavonoides, carotenoides totales y la evaluación de la actividad antioxidante se evaluarón en tres muestras compuestas; es decir se tomaron muestras de dos frutos y se consideró una unidad experimental y se tuvo tres repeticiones.

Vitamina C. Se siguió la metodología propuesta por Jagota y Dani (1982). La cual es una técnica colorimétrica para la estimulación de Vitamina C usando el reactivo de Folin-Clocalteu. Se pesó 1 g de muestra y se homogenizará con 4 mL de ácido tricloracético (TCA) al 10% p/v, se colocó en un baño de hielo durante 5 minutos, posteriormente se centrifugo a 11000 rpm durante 20 minutos a 4°C. para realizar la reacción se utilizó alícuotas de 0.5 mL del sobrenadante, con 1.5 mL de agua bidestilada y 200 µL de reactivo de Folin, se dejó reaccionar en la oscuridad durante 15 minutos y se leyó su absorbancia a 760 nm. Para estimar el contenido de vitamina C se construyó una curva estándar con ácido ascórbico. La concentración total se expresó en mg por g⁻¹ de peso fresco.

4.5. Análisis de datos.

Los datos se analizaron mediante comparación de medias con una prueba de t utilizando el programa SigmaPlot (Systat Software, Inc., San Jose California USA,).

5. Resultados y discusión

5.1. Respiración

La respiración en los ecotipos 'Amarilla' y 'Chapilla' mostraron el típico patrón climatérico, en ambos ecotipos el máximo de producción de CO₂ se determinó después de tres días de cosechado, observándose solo diferencias significativas entre etapas de maduración, en el preclimaterio ('Amarilla') o en el preclimaterio y posclimaterio ('Chapilla') (Figura 1 A y C). En los ecotipos 'Castilla' y 'Roja' el patrón no fue tan evidente el patrón climatérico, ya que solo se observó una disminución constante de la respiración, que pudiera considerarse la fase del posclimaterio, ya que los valores máximos de producción se observaron el día inicial de evaluación, no se detectaron diferencias en la respiración entre las etapas de maduración dentro de cada ecotipo (Figura 1 B y C). El ecotipo 'Castilla' mostró en promedio la mayor respiración, comparado con los demás ecotipos evaluados (Figura 1).

Sampaio *et al.* (2008) reportan que en poscosecha la ciruela roja mombin (*Spondias purpurea* L.) muestra un mínimo preclimaterio, seguido de un rápido incremento en la respiración alcanzando un máximo (máximo climatérico) y posteriormente disminuye la actividad respiratoria (postclimaterio) en la senescencia, el máximo climatérico se obtuvo después de 5.6 días a una temperatura de 28 °C. En el presente trabajo, 'Amarilla' y 'Chapilla' alcanzaron el máximo de respiración a los tres días, es decir 2.6, días antes a lo reportado por Sapaio *et al.* (2008); lo anterior debido a que estos autores cosecharon los frutos en una etapa 100 % de coloración verde, en tanto que en el presente trabajo la cosecha fue en 50 y 75 % de coloración de la epidermis del fruto.

Diferentes autores reportan que el fruto de *Spondias purpurea* L, muestra un comportamiento climatérico, sin embargo, algunos otros no detectaron el climaterio en las evaluaciones realizadas en la misma especie (Mohammed *et al.*, 2019). En el presente experimento el climaterio no se observó en los ecotipos 'Castilla' y 'Roja' (Figura 1 C y D). Astudillo-Maldonado *et al.* (2014) indican que debido a la variación en el comportamiento en la producción de CO₂, es difícil determinar si la ciruela mexicana es climatérica o no. En el presente trabajo, la no detección de los máximos de

producción de CO₂ en 'Castilla' y 'Roja' se puede atribuir a: 1) los frutos fueron cosechados en una etapa donde el climaterio ya había ocurrido, 2) el muestreo cada tres días no favoreció la detección de máximo de producción o 3) estos ecotipos muestran un patrón de respiración diferente al climatérico.

La falta de diferencias en la velocidad de respiración entre etapas de maduración en cada ecotipo, ha sido reportado anteriormente por Suárez *et al.* (2017) quienes no detectaron diferencias en la producción de CO₂ en el ecotipo 'Cuernavaqueña' cosechado en etapa verde, 50, 75 y 100 % de coloración de la epidermis del fruto.

La mayor velocidad de respiración en 'Castilla' sugieren una menor vida útil en poscosecha que el resto de los ecotipos. Kader y Yahia (2011) indican que la velocidad de deterioro esta inversamente relacionado a la velocidad de respiración aerobica en frutos tropicales y subtropicales.

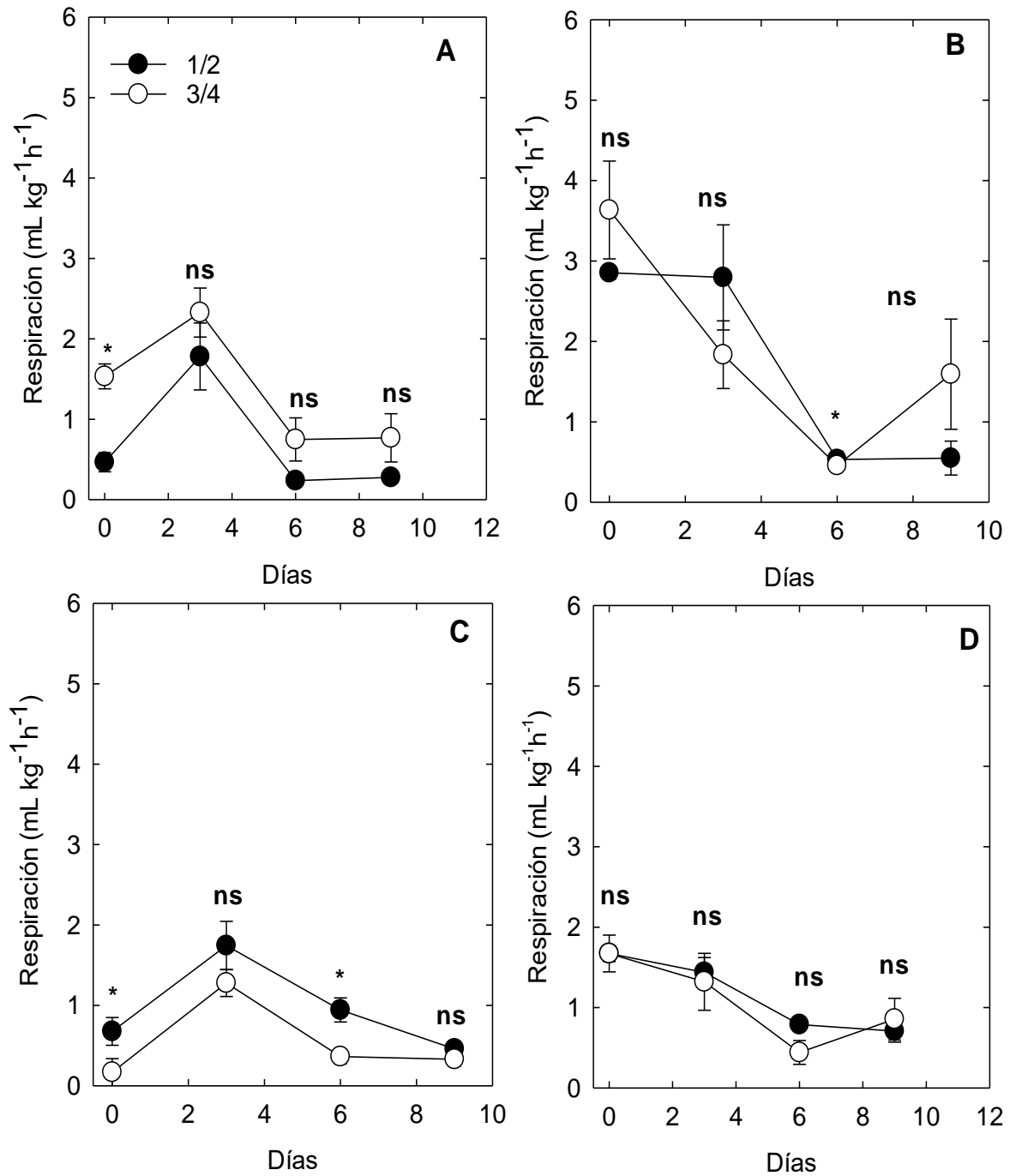


Figura 1. Respiración en ciruela mexicana (A) 'Amarilla', (B) 'Castilla', (C) 'Chapilla' y (D) 'Roja' después de cosechados en dos etapas de maduración (1/2) 50 % de maduración y (3/4) con 75 % de maduración. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar. *: significativo a 0.05 de acuerdo a la prueba de t.

0

Parámetros de color

El color de 'Amarilla' cambio de amarillo-verdoso ($h= 83$) a tendientes al naranja ($h= 68$) en los frutos cosechados con 50% de coloración, en tanto que en los frutos cosechados con 75% de coloración alcanzaron valores más tendientes al naranja ($h= 54$) (Figura 1 I). La luminosidad y la cromaticidad no mostraron diferencias significativas al inicio de las evaluaciones, ambos parámetros se incrementaron al tercer día de evaluación, posteriormente disminuyeron a valores similares al inicio del experimento (Figura 2 A y E).

En 'Castilla' el color de los frutos cosechados con 50 % de coloración mostraron significativamente mayor tendencia al naranja ($h= 67.3$), en tanto que los frutos al 75 % mostraron un color rojo tendiente al púrpura ($h= 27$); posteriormente ambas etapas de maduración cambiaron hacia el rojo púrpura (Figura 2 I). La cromaticidad y luminosidad fueron diferentes al inicio de las evaluaciones en ambas etapas de maduración, la luminosidad disminuyó gradualmente y la cromaticidad se incrementó manteniéndose constante (Figura 2 B y F).

En 'Chapilla' desde el inicio de las evaluaciones los frutos con 75 % de coloración mostraron un color tendiente al rojo ($h= 31$), mientras que los frutos con 50 % de pigmentación tuvieron un color tendiente al amarillo ($h= 74$) (Figura 2 K). Los parámetros de cromaticidad y luminosidad mostraron diferencias entre etapas de maduración; así los frutos con 75 % de coloración mostraron una menor luminosidad y fueron más opacos que los frutos con 50 % de pigmentación (Figura 2 C y G), ambos parámetros disminuyeron con el proceso de maduración y alcanzaron similares valores a los nueve días de evaluación (Figura 2 C y G).

Finalmente, el ecotipo 'Roja' cosechado al 50 % de pigmentación mostró una tendencia al amarillo ($h = 86.5$) y los frutos con 75 % de pigmentación tuvieron un color tendiente al rojo ($h= 34$) mostrando diferencias entre fases de maduración (Figura 2 L). La luminosidad disminuyó durante el proceso de evaluación, lo que indica que el color fue opaco al madurar, sin detectarse diferencias entre etapas de maduración (Figura 2 D).

Por otra, parte, la cromaticidad, se incrementó mostrando diferencias durante los primeros tres días de evaluación, entre etapas de maduración, posteriormente ambas fases de maduración mostraron valores similares de cromaticidad indicado colores más vivos (Figura 2 H)

Maldonado-Astudillo *et al.* (2014) indican que en el ecotipo 'Cuernavaqueña, cuando son cosechadas verde, medio verde o con tres cuartos de maduración, la luminosidad se incrementa para posteriormente disminuir; por otra parte la cromaticidad solo se incrementa en los frutos cosechados inmaduros, en tanto que en los frutos maduros o con total coloración existen pocos cambios; y finalmente el matiz o color de los frutos disminuye del color verde ($h= 93.6$), medio verde ($h=73.9$) o maduro ($h= 53.2$) a un color rojo ($h =$ entre 53 a 48.5), estos cambios son similares a lo encontrado en el presente trabajo. El parámetro de matiz fue el más cambiante y el que ayuda a diferenciar mejor las etapas de maduración, comparado con los parámetros de luminosidad y matiz (Figura 2). La ciruela mexicana muestra diferentes colores desde verde, amarillo, naranja, rojo, púrpura; aún no existe un estudio enfocado sobre los pigmentos que definen estos colores y las concentraciones de cada pigmento en *S. purpurea*.

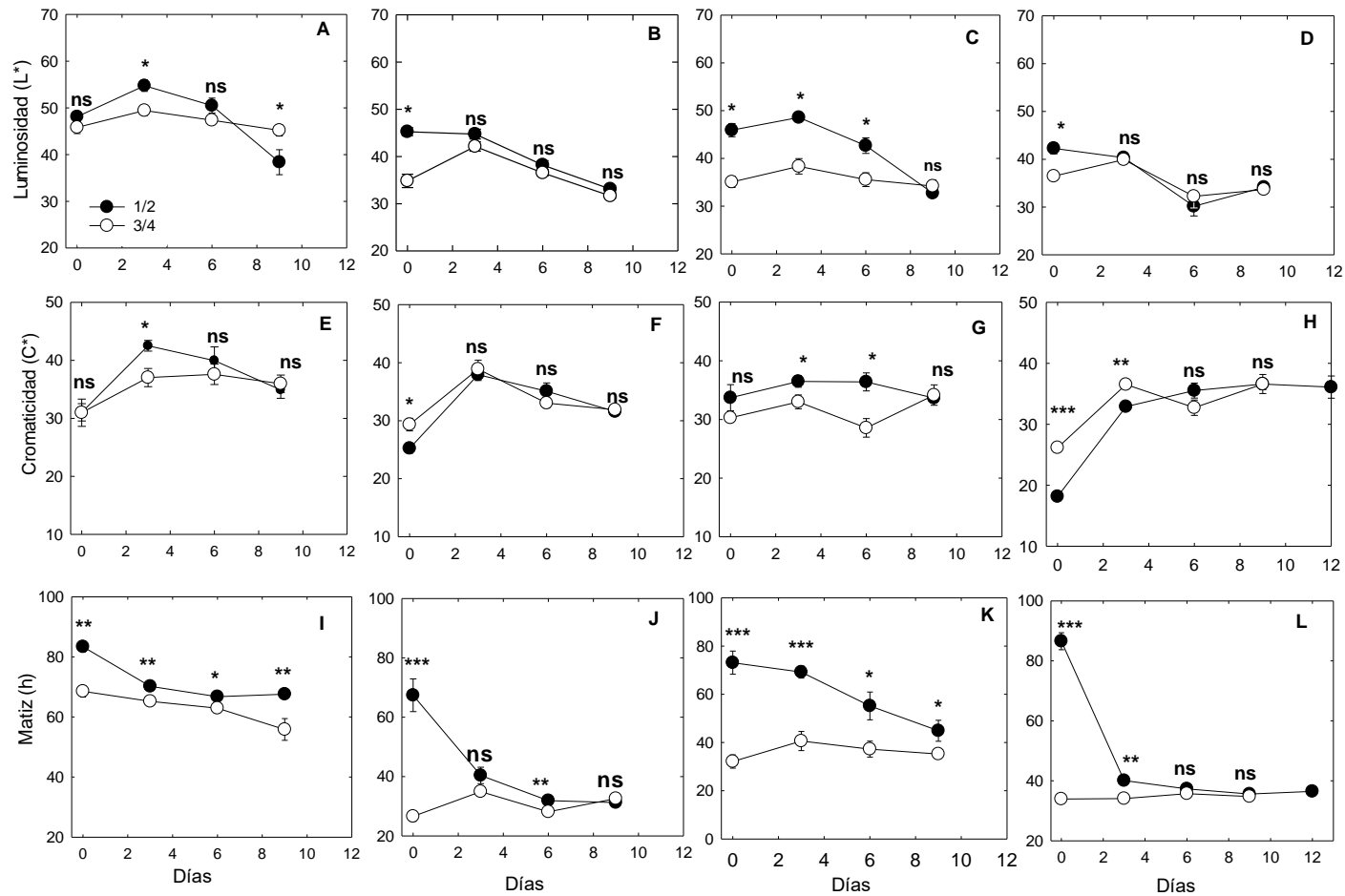


Figura 2. Parámetros de color en ciruela mexicana (A, E, I) ‘Amarilla’, (B, F, J) ‘Castilla’, (C, G, K) ‘Chapilla’ y (D, H, L) ‘Roja’ después de cosechados en dos etapas de maduración (1/2) 50 % de maduración y (3/4) con 75 % de maduración. Cada punto representa la media de diez observaciones y su error estándar. *, **, ***: significativo a 0.05, 0.01 y <0.0001 de acuerdo a la prueba de t. ns: no significativo.

Sólidos solubles totales (sst)

Al inicio del experimento los sst en los frutos 'Amarilla' con 75 % de pigmentación mostraron 9.4 °Brix y los frutos con 50 % de pigmentación tuvieron 11.6 °Brix, posteriormente se mantuvieron los sst entre 10.4 y 11.1 °Brix (Figura 3 A). En el ecotipo 'Castilla', inicialmente los frutos con 50 % de pigmentación se cuantificó 9.7 °Brix alcanzado un máximo de 14.3 °Brix a los nueve días de evaluación, en tanto que los frutos cosechados con 75 % de pigmentación iniciaron con 15 °Brix y se mantuvieron entre 13.3 y 15 °Brix durante el periodo de evaluación (Figura 3 B). En el ecotipo 'Chapilla', los frutos con 50 % de maduración mostraron 8.1 °Brix al iniciar las evaluaciones, en tanto que los frutos con 75 % de maduración tuvieron 10.3 °Brix; posteriormente en los frutos de ambas etapas de maduración mostraron entre 9.4 y 10.6 °Brix, sin detectarse diferencias significativas (Figura 3 C). En el ecotipo 'Roja' los frutos con 50 % de maduración se tuvo 8.1 °Brix y los frutos con 75 % de maduración tuvieron 12.5 °Brix, sin detectarse diferencias significativas entre los tres y nueve días de evaluación, manteniendo entre 12.1 y 13.5 °Brix (Figura 3 D).

En ciruela mexicana el contenido de sst varía entre 3.2 y 27 °Brix (Maldonado-Astudillo *et al.*, 2014). Durante la maduración los sst se incrementan de 9.1 °Brix en la etapa preclimaterica a 13.7 en la etapa del máximo climático (Sampaio *et al.*, 2008). Este comportamiento se observó en los ecotipos 'Castilla', 'Chapilla' y 'Roja' no así, en 'Amarilla'. La cantidad de sst es influenciada por la variedad, la etapa de maduración con la que se cosecha, las condiciones de almacenamiento o los tratamientos poscosecha evaluados (Maldonado-Astudillo *et al.*, 2014). La concentración de sst fue significativamente diferente al inicio de las evaluaciones, sin embargo, posteriormente en todos los ecotipos mostraron valores muy similares, esto se ha reportado anteriormente en el ecotipo 'Cuernavaqueña' (Maldonado-Astudillo *et al.*, 2014). 'Castilla' y 'Roja' fueron los ecotipos con mayor concentración de sst, ya que alcanzaron entre 13.5 y 15 °Brix; en tanto que 'Amarilla' y 'Chapilla' alcanzaron entre 9.4 y 13.5 °Brix (Figura 3).

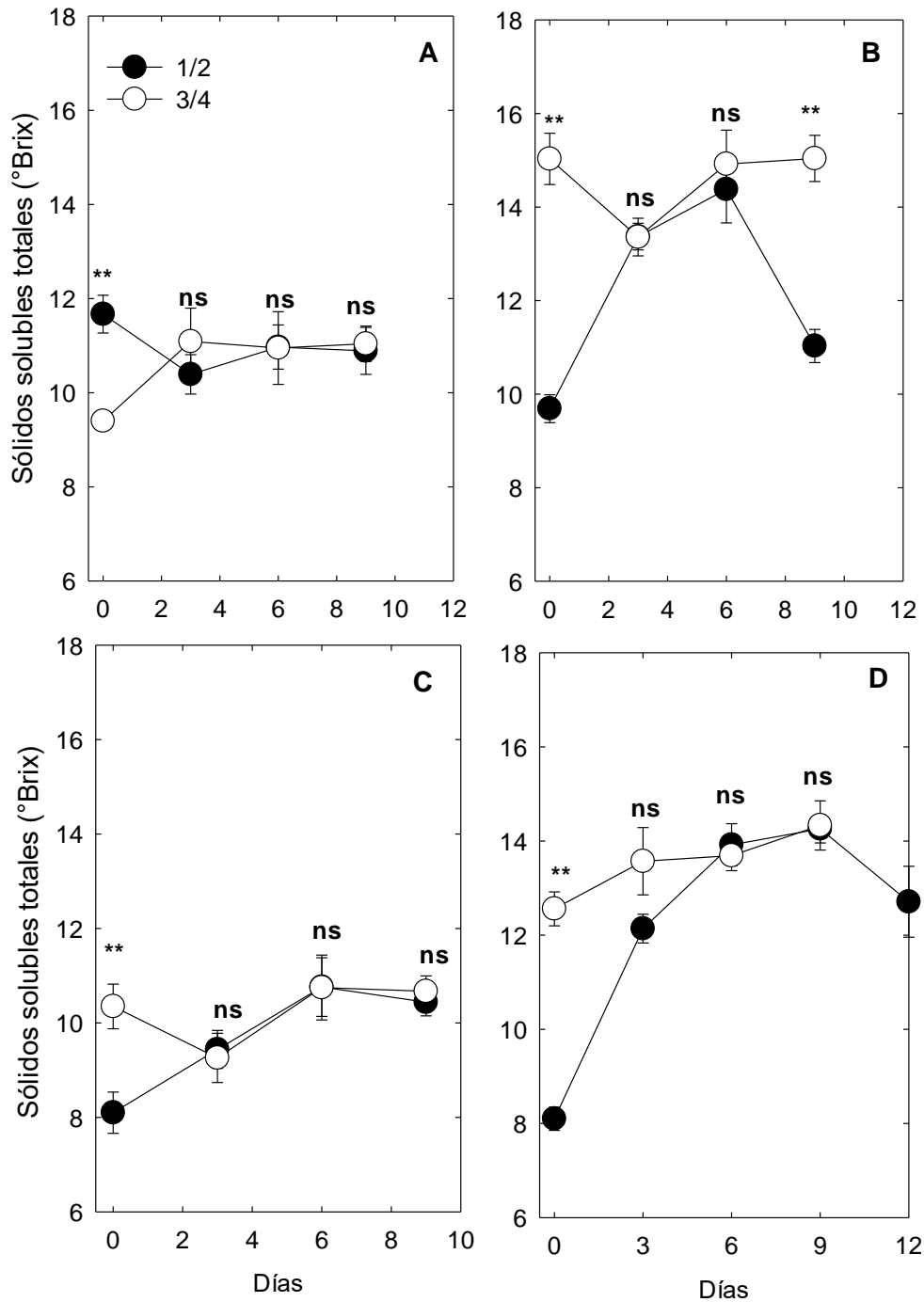


Figura 3. Sólidos solubles totales en ciruela mexicana (A) 'Amarilla', (B) 'Castilla', (C) 'Chapilla' y (D) 'Roja' después de cosechados en dos etapas de maduración (1/2) 50 % de maduración y (3/4) con 75 % de maduración. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar. *: significativo a 0.05 de acuerdo con la prueba de t.

Acidez titulable

La acidez titulable mostró escasas diferencias entre las etapas de maduración dentro de los ecotipos evaluados, solo al inicio de las evaluaciones en el ecotipo 'Chapilla' y al tercer día de evaluación en el ecotipo 'Chapilla' y al tercer día de evaluación en el ecotipo 'Castilla' (Figura 4). En *Spondias purpurea* la acidez titulable se encuentra entre 0.2 y 3.05 %, aunque algunos ecotipos pueden mostrar hasta 0.012 % (Maldonado-Astudillo *et al.*, 2014; Maldonado *et al.*, 2017). j

La acidez en los cuatro ecotipos disminuyó durante la maduración de entre 0.28 y 0.45 % hasta entre 0.19 y 0.20 % (Figura 4). Suárez *et al.* (2017) indican que la acidez en ciruela mexicana 'Cuernavaqueña' disminuyó de 0.42-0.48 % a 0.23 - 0.27 % en la pulpa y epicarpio. El ecotipo 'Roja' y 'Amarilla' mostraron los valores mayores de acidez titulable entre 0.28 y 0.48 % mientras que en 'Castilla' y 'Chapilla' se mantuvo entre 0.27 y 0.37 % (Figura 4). Valero y Serrano (2010) indican que en jitomate la acidez es entre 0.4 y 1.7 %, en cereza dulce entre 1 y 1.5 % y en ciruela española entre 0.7 y 1.6, eso indica que los ecotipos de ciruela mexicana evaluados son considerados de acidez baja

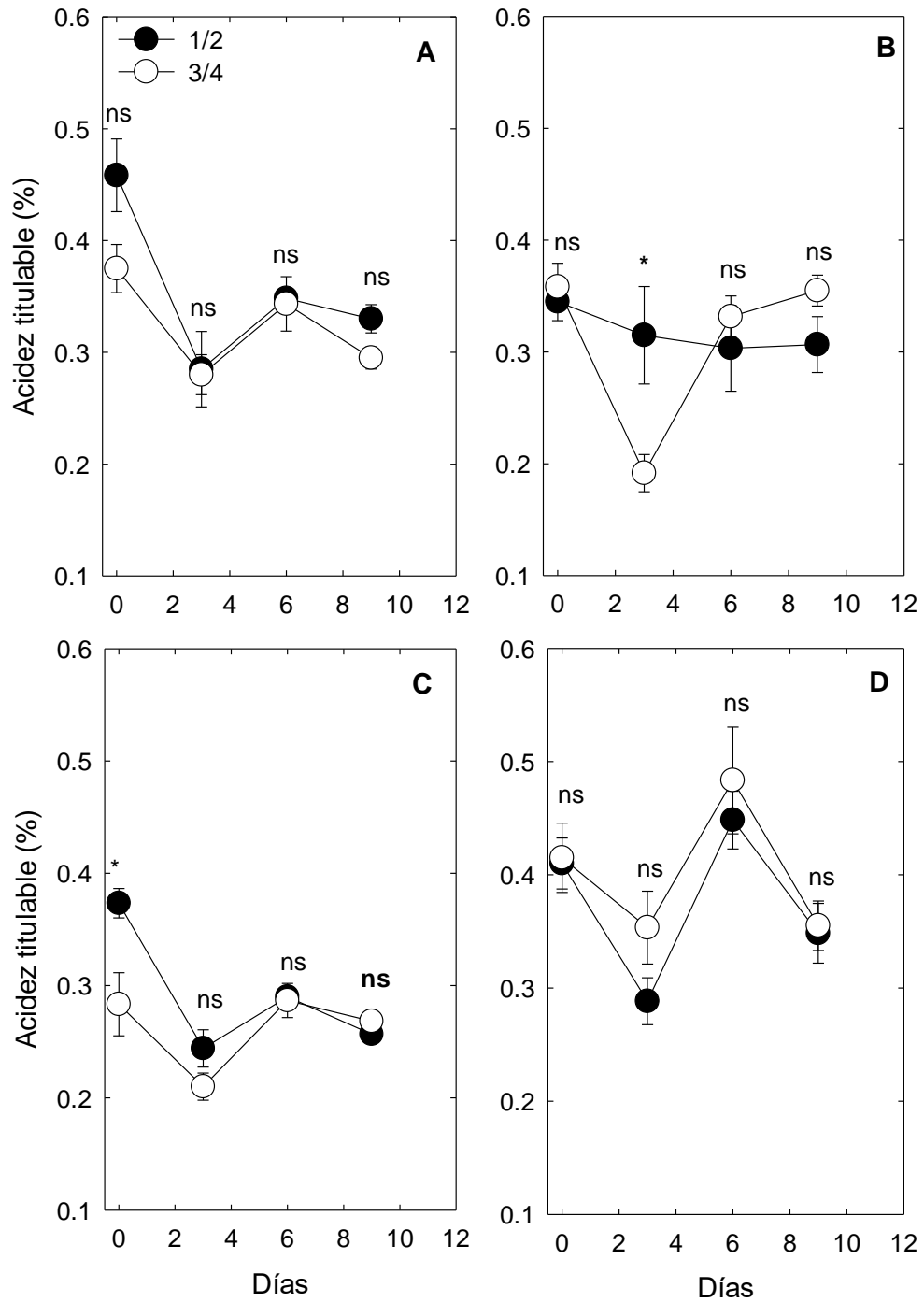


Figura 4. Acidez titulable en ciruela mexicana (A) 'Amarilla', (B) 'Castilla', (C) 'Chapilla' y (D) 'Roja' después de cosechados en dos etapas de maduración (1/2) 50 % de maduración y (3/4) con 75 % de maduración. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar. *: significativo a 0.05 de acuerdo con la prueba de t.

Carotenoides totales

No se detectaron diferencias significativas entre etapas de maduración dentro de los ecotipos evaluados, a excepción del segundo muestreo en el ecotipo 'Chapilla' donde los frutos con 50 % de maduración tuvieron la mayor concentración de carotenoides (Figura 5). Maldonado-Astudillo *et al.* (2014) indican que en ciruela mexicana 'Cuernavaqueña' los carotenoides totales es mayor en el epicarpio y se incrementa durante la maduración, en tanto que en la pulpa disminuye al final de la maduración; aunque en este último aspecto, Suárez *et al.* (2017) indica que en la pulpa los carotenoides totales se incrementan en la maduración.

En los ecotipos evaluados, los carotenoides disminuyeron en 'Amarilla de 292-325 $\mu\text{g g}^{-1}$ p. f. a 179-220 $\mu\text{g g}^{-1}$ p.f. y en 'Chapilla' disminuyó de 295.1 $\mu\text{g g}^{-1}$ a 225.1 $\mu\text{g g}^{-1}$ p. f., durante el periodo de evaluación (Figura 5 A y C). Solorzano-Morán *et al.* (2015) reportan que 'Amarilla' aporta 197 $\mu\text{g g}^{-1}$ en el epicarpio y 28 $\mu\text{g g}^{-1}$ en la pulpa, en tanto que 'Chapilla' aporta 142 $\mu\text{g g}^{-1}$ en el epicarpio y 34 $\mu\text{g g}^{-1}$ en la pulpa. En 'Castilla' los carotenoides se incrementaron de entre 185-249 $\mu\text{g g}^{-1}$ hasta 300 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Figura 5 B). En tanto que en 'Roja' se mantiene entre 208-283 $\mu\text{g g}^{-1}$ hasta entre 210-316 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Figura 5 D). En 'Castilla' y 'Roja' no existen reportes al respecto. Moo-Huchin *et al.* (2014) reportan 171 $\mu\text{g g}^{-1}$ de carotenoides totales en ciruela mexicana de Yucatán, México. Por su parte, Murillo *et al.* (2010) reportan 18.1 mg g^{-1} en un ecotipo de Panamá. Finalmente, Suárez *et al.* (2017) reportan 150 $\mu\text{g g}^{-1}$ en la pulpa y 853 $\mu\text{g g}^{-1}$ en la epidermis del fruto de la ciruela mexicana ecotipo 'Cuernavaqueña'. Los anterior sugiere gran variabilidad en el contenido de carotenoides totales en ciruela mexicana, pero que se puede considerar como un fruto de aportación media (Murillo *et al.*, 2010).

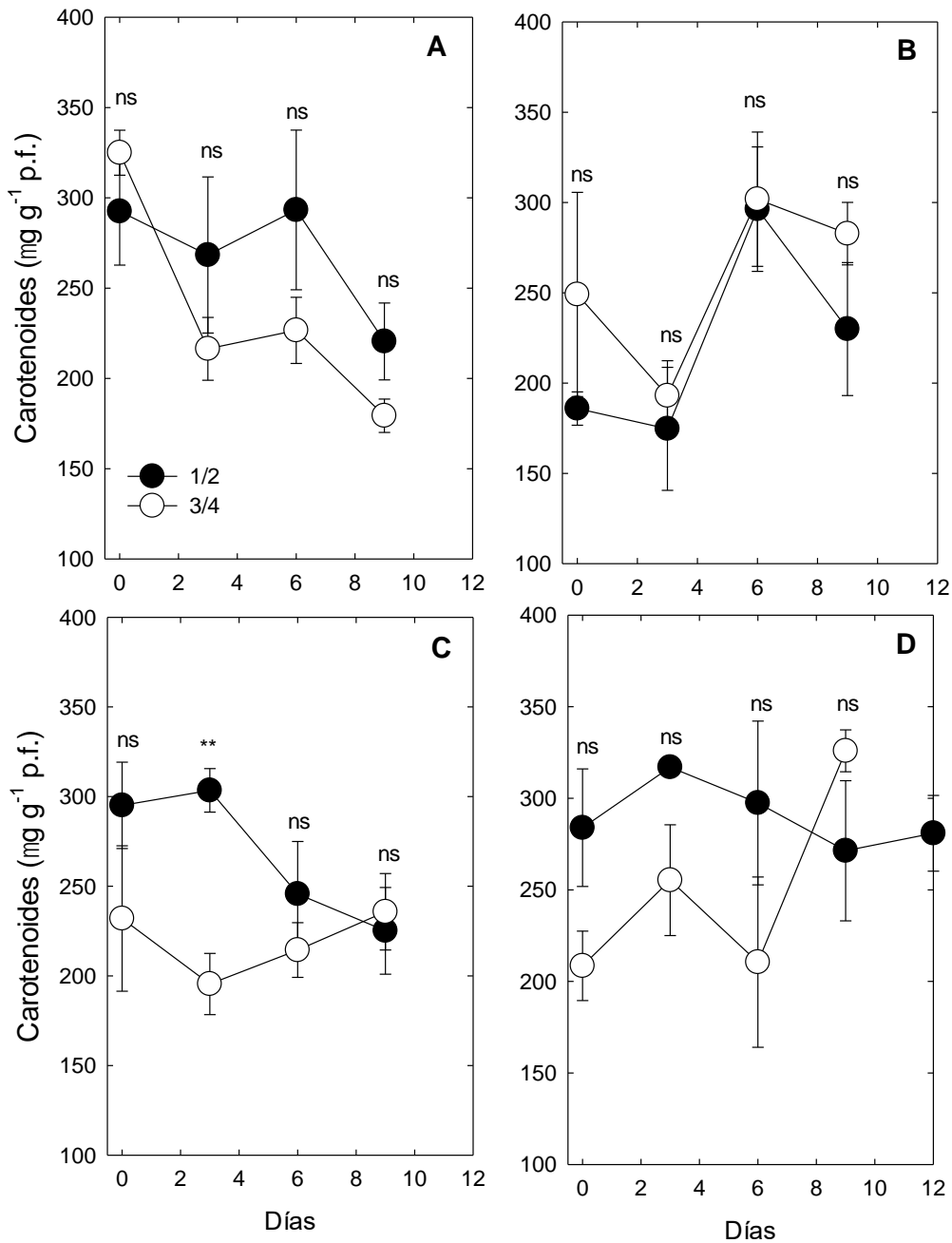


Figura 5. Carotenoides totales en ciruela mexicana (A) 'Amarilla', (B) 'Castilla', (C) 'Chapilla' y (D) 'Roja' después de cosechados en dos etapas de maduración (1/2) 50 % de maduración y (3/4) con 75% de maduración. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar. *: significativo a 0.05 de acuerdo con la prueba de t.

Fenoles totales

El contenido de fenoles totales mostró pocas diferencias entre etapas de maduración, solo en el segundo muestreo en el ecotipo 'Chapilla' y al inicio de la evaluación en el ecotipo 'Roja' donde los frutos con maduración al 50 % mostraron la mayor concentración (Figura 6).

En general los fenoles totales se incrementaron durante el periodo de maduración, en 'Amarilla' de 3-5 mg EAG 100g⁻¹ a 7.4 mg EAG 100 g⁻¹; en 'Castilla' de 5.7-8.7 mg EAG 100g⁻¹ a 14 mg EAG 100g⁻¹, en 'Chapilla' de 5.1 mg EAG 100g⁻¹ a 7-10 mg EAG 100g⁻¹ y en 'Roja' de 3.8-5.7 mg EAG 100g⁻¹ a 7.3-9.1 mg EAG 100g⁻¹ (Figura 6). Suárez *et al.* (2017) indicaron que en el ecotipo 'Cuernavaqueña' los fenoles totales se detectaron en mayor concentración en la etapa de 50 % de maduración, en tanto que en la epidermis del fruto se incrementó al avanzar la maduración. Solorzano-Moran *et al.* (2015) reportan en 'Amarilla' 2.6 mg g⁻¹ en la epidermis del fruto y 0.6 mg g⁻¹ en pulpa, mientras que en 'Chapilla' se reportan 4.6 mg g⁻¹ en cascara y 1.5 mg g⁻¹ en pulpa. Maldonado-Astudillo *et al.* (2014) indican que en ciruela mexicana se reportan valores entre 1.4 mg g⁻¹ en etapa inmadura, entre 1 y 5.6 mg g⁻¹ en etapa media madura y entre 0.5 y 8 mg g⁻¹ en frutos maduros. La variación en los valores de fenoles totales se atribuye a las diferentes metodologías evaluadas, los diferentes ecotipos y las condiciones ambientales donde se cultivaron.

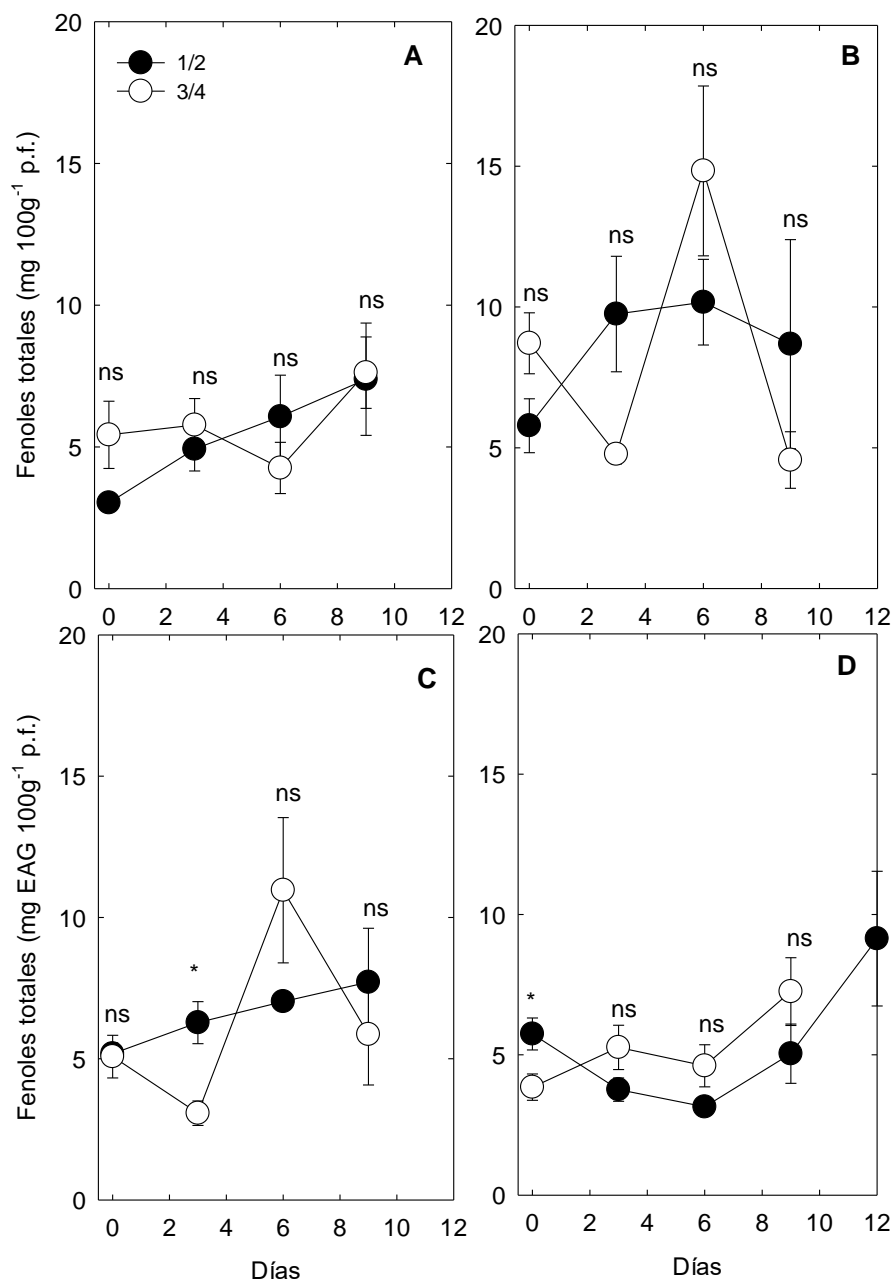


Figura 6. Fenoles totales en ciruela mexicana (A) 'Amarilla', (B) 'Castilla', (C) 'Chapilla' y (D) 'Roja' después de cosechados en dos etapas de maduración (1/2) 50 % de maduración y (3/4) con 75 % de maduración. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar. *: significativo a 0.05 de acuerdo con la prueba de t.

Flavonoides totales

No se detectó efecto de la etapa de maduración en el contenido de flavonoides totales en los ecotipos evaluados (Figura 7), a excepción de los ecotipo 'Castilla' y 'Roja' quienes al inicio de la evaluación mostraron mayor contenido de flavonoides en los frutos con 50 % de maduración (Figura 7).

El contenido de flavonoides disminuyó en todos los ecotipos durante el proceso de maduración, el ecotipo 'Castilla' mostró los valores mayores de contenido (Figura 7). Este comportamiento es inverso al reportado por Suárez *et al.* (2017) quienes indican que los flavonoides se incrementan al aumentar la maduración de los frutos de ciruela mexicana ecotipo 'Cuernavaqueña'. Las diferencias probablemente se deban a que Suárez *et al.* (2017) seleccionaron frutos de diferentes etapas de maduración y evaluaron en un solo momento, en tanto que en presente trabajo se cosecharon en dos etapas de maduración y se les dio seguimiento por nueve a 12 días. La selección por color de la epidermis no es objetivo por lo que se pueden tener variabilidad en algunos parámetros.

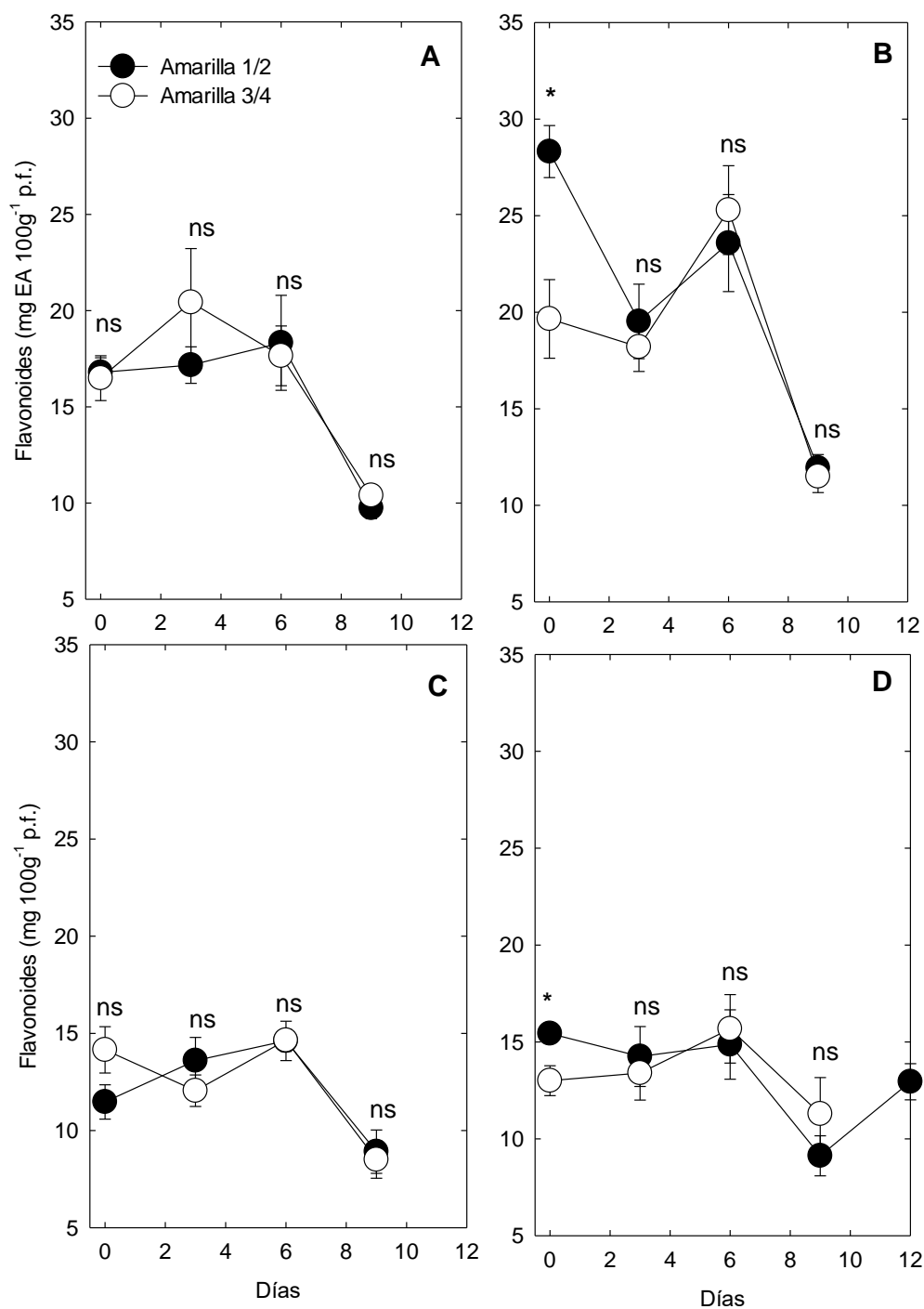


Figura 7. Flavonoides totales en ciruela mexicana (A) 'Amarilla', (B) 'Castilla', (C) 'Chapilla' y (D) 'Roja' después de cosechados en dos etapas de maduración (1/2) 50 % de maduración y (3/4) con 75 % de maduración. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar. *: significativo a 0.05 de acuerdo con la prueba de t.

Actividad antioxidante (DPPH, ABTS y FRAP).

La actividad antioxidante por el método de FRAP, no detectó efecto de la etapa de maduración dentro de cada ecotipo evaluado, a excepción de los frutos con 75 % de maduración en 'Roja' donde mostraron la mayor actividad (Figura 8). En general, los ecotipos 'Amarilla' y 'Castilla' la actividad antioxidante por el método de DPPH disminuyó, en 'Chapilla' se incrementó hasta un máximo en el sexto día, y en 'Roja' se observaron decrementos e incrementos durante la evaluación (Figura 8).

En la actividad antioxidante por el método de FRAP no se detectaron diferencias entre etapas de maduración dentro de cada ecotipo (Figura 9). La tendencia en general fue de incremento durante el proceso de maduración (Figura 9).

La actividad antioxidante evaluada por ABTS solo detectó diferencia en el ecotipo 'Castilla' en el tercer muestreo donde los frutos con 75 % de maduración mostraron la mayor actividad antioxidante (Figura 10 B). y en el ecotipo 'Chapilla' donde los frutos con 50 % de maduración tuvieron mayor actividad antioxidante al tercer día de evaluación (Figura 10 C). En 'Amarilla' la actividad antioxidante disminuyó conforme a la maduración (Figura 10 A), en 'Castilla' la actividad antioxidante fue inversa en dependencia de la etapa de maduración, ya que los frutos con 50 % de maduración disminuyó y en los frutos con 75 % de maduración se incrementó (Figura 10 B). En 'Chapilla' la actividad se incrementó durante la maduración, pero con menor intensidad en los frutos con 75 % de maduración (Figura 10 C). finalmente, en el ecotipo 'Roja' la actividad antioxidante se incrementó en los frutos de ambas etapas de maduración (Figura 10 D).

Suárez *et al.* (2017) indican que la actividad antioxidante evaluada por FRAP en la pulpa de ciruela mexicana disminuye con el avance de la maduración, en tanto que ABTS se incrementa y no se detectan cambios en DPPH; en la epidermis la actividad evaluada por DPPH, ABTS o FRAP se incrementa durante la maduración.

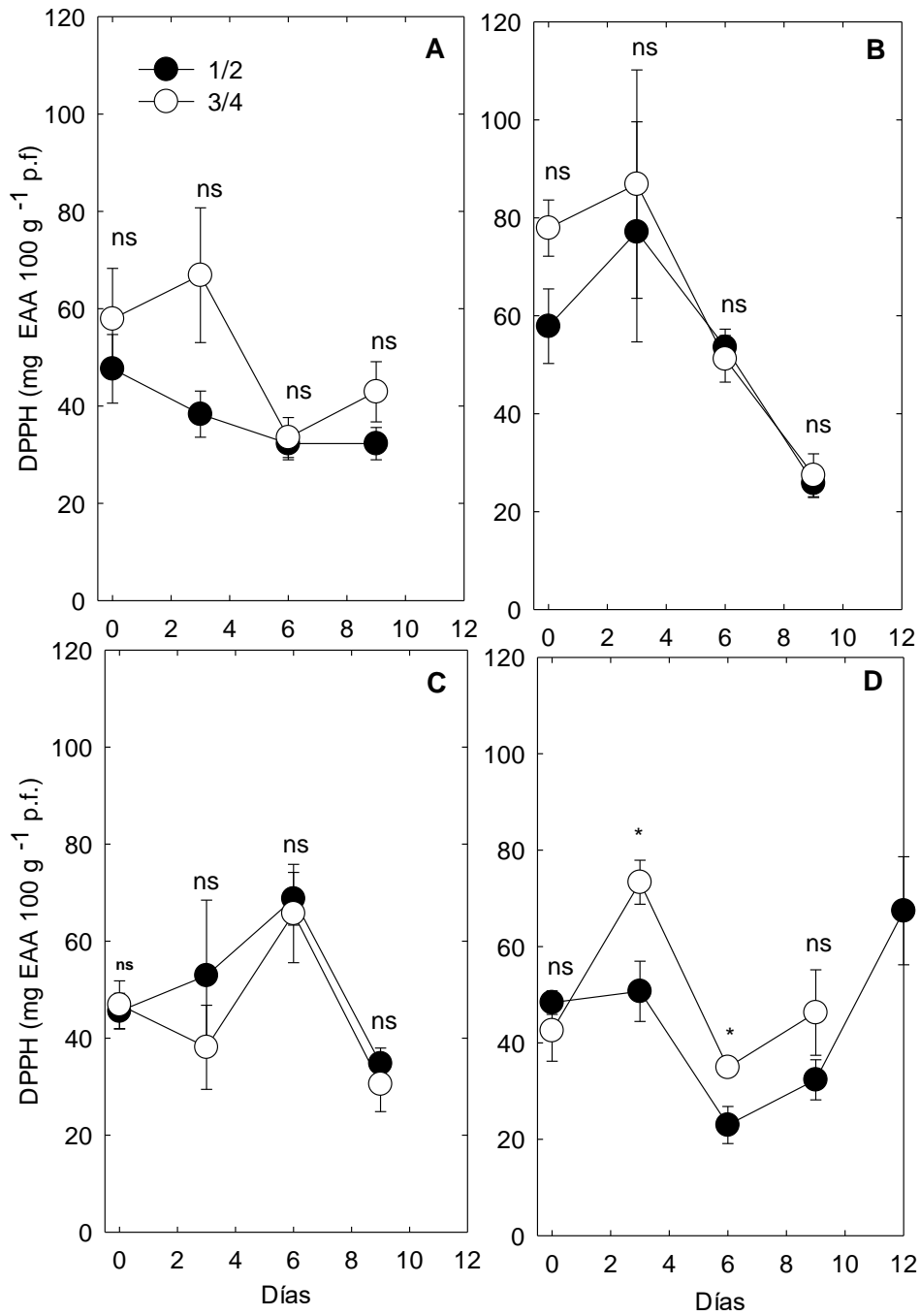


Figura 8. Actividad antioxidante por el método de DPPH en ciruela mexicana (A) 'Amarilla', (B) 'Castilla', (C) 'Chapilla' y (D) 'Roja' después de cosechados en dos etapas de maduración (1/2) 50 % de maduración y (3/4) con 75 % de maduración. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar. *: significativo a 0.05 de acuerdo con la prueba de t.

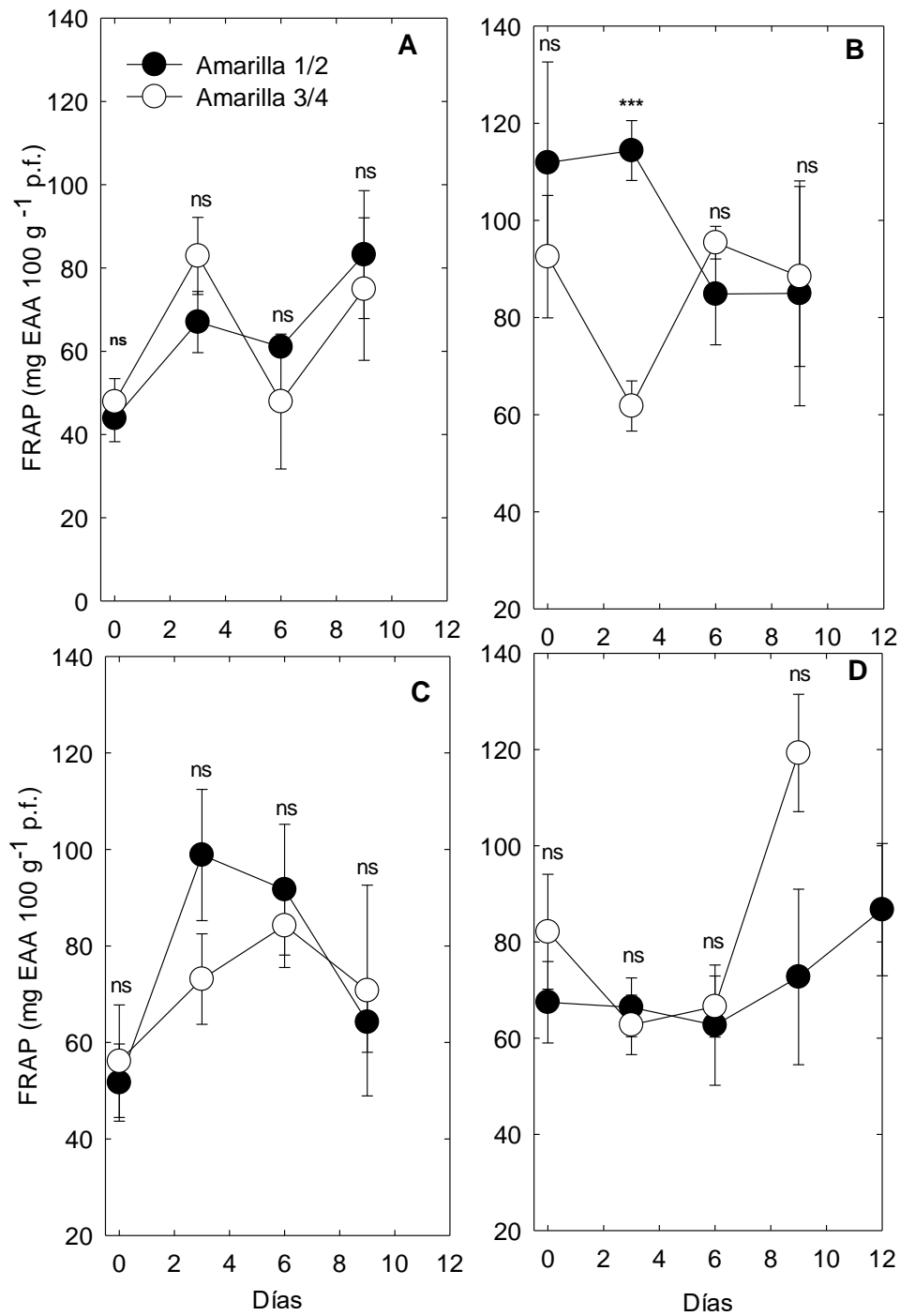


Figura 9. Actividad antioxidante por el método de FRAP en ciruela mexicana (A) 'Amarilla', (B) 'Castilla', (C) 'Chapilla' y (D) 'Roja' después de cosechados en dos etapas de maduración (1/2) 50 % de maduración y (3/4) con 75 % de maduración. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar. *: significativo a 0.05 de acuerdo con la prueba de t.

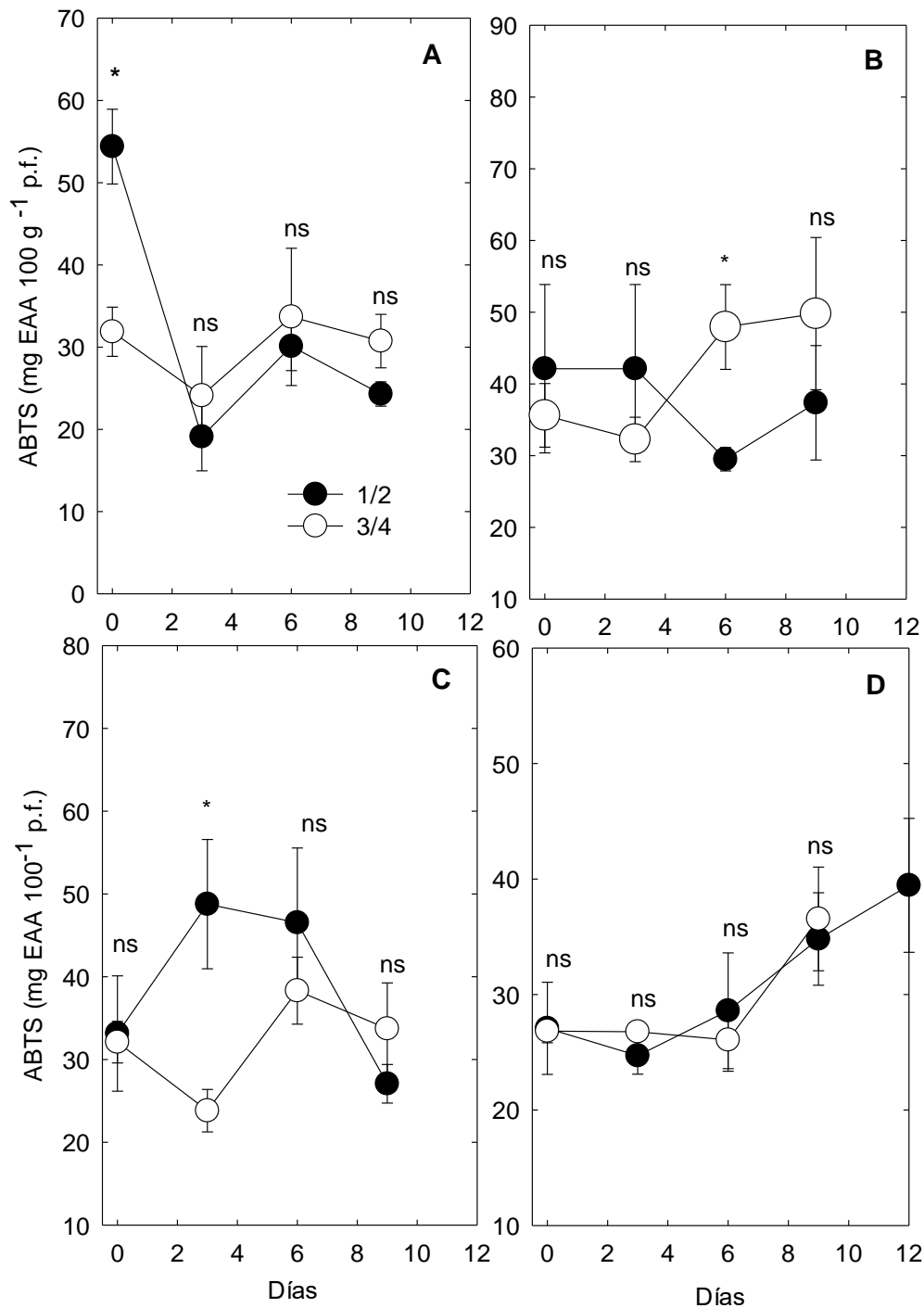


Figura 10. Actividad antioxidante por el método de ABTS en ciruela mexicana (A) 'Amarilla', (B) 'Castilla', (C) 'Chapilla' y (D) 'Roja' después de cosechados en dos etapas de maduración (1/2) 50 % de maduración y (3/4) con 75 % de maduración. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar. *: significativo a 0.05 de acuerdo con la prueba de t.

Vitamina C

El contenido de vitamina C se incrementó en todos los ecotipos sin importar la etapa de maduración (Figura 11), con excepción de los frutos con 75 % de maduración del ecotipo 'Amarilla' quienes mostraron menor cantidad de vitamina C entre el tercer y sexto día (Figura 11 A). El ecotipo 'Chapilla' mostró mayor contenido de vitamina C alcanzando hasta 130 mg EAA 100 g⁻¹ (Figura 11 C).

Freire et al. (2011) reportan que en ciruela mexicana el ácido ascórbico se incrementa de 16.1 mg 100 g⁻¹ hasta 22 mg 100 g⁻¹ durante la maduración, atribuido a un incremento en la síntesis de intermediarios metabólicos, probablemente derivados de polisacáridos obtenidos de la degradación de la pared celular durante el proceso de maduración.

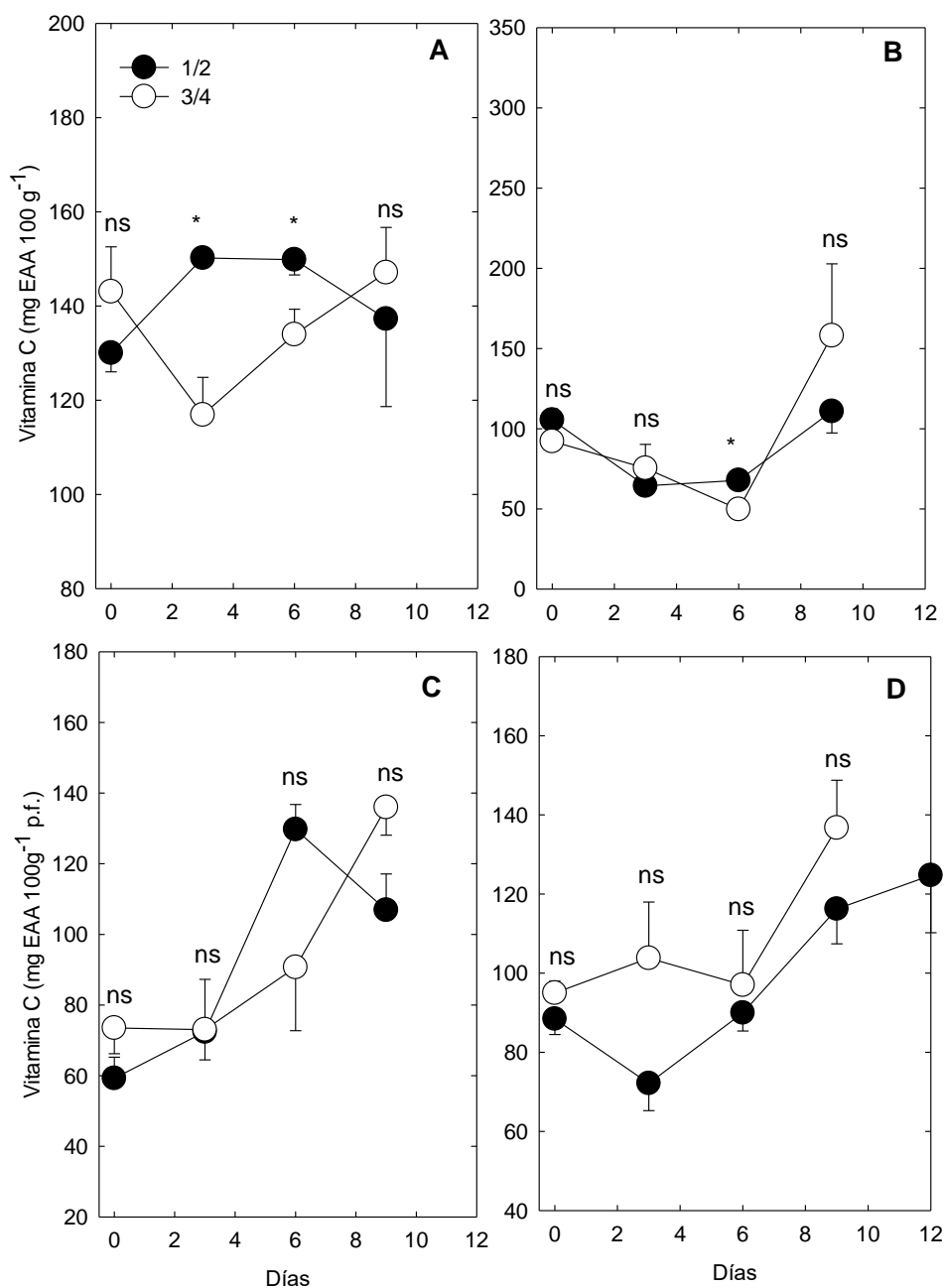


Figura 11. Contenido de vitamina C en ciruela mexicana (A) 'Amarilla', (B) 'Castilla', (C) 'Chapilla' y (D) 'Roja' después de cosechados en dos etapas de maduración (1/2) 50 % de maduración y (3/4) con 75 % de maduración. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar. *: significativo a 0.05 de acuerdo con la prueba de t.

6. Conclusiones

En la presente tesis pudimos observar que los ecotipos cosechados en la etapa de maduración (1/2) 50% de maduración, favorecieron los resultados al presentar mayor presencia en carotenoides, fenoles, flavonoides, vitamina C, incrementando su rendimiento los ecotipos más ricos de estas propiedades es el ecotipo Chapilla de cuautlita roja de Cuahuchichinola.

7. Literatura citada.

Alia, I. T., Maldonado, Y.I.A., Núñez, C. A.C., Valdez, L.A.V., Bautista, S. B., García, E. V., Ariza, R. F., Rivera, R. C. 2012. Caracterización de frutos de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) del sur de México. Rev. Fitotec. Mex., 35: 21-26.

Arvouet-Grand, A., B. Vennat, A. Pourrat, Legret. P. 1994. Standardisation dun extrait de propolis et identification des principaus constituants. J. Pharmacie Belgique 49: 462-468.

Álvarez-Vargas, J. E., Alia-Tejacal, I., Chávez-Franco, S. H., Colinas-León, M.T., Nieto-Ángel, D., Rivera-Cabrera, F., Aguilar-Pérez, L. A. 2017. Ciruelas mexicanas (*Spondias purpurea*) de clima húmedo y seco: calidad, metabolitos funcionales y actividad antioxidante. Interciencia

Avitia G. E., Castillo G. A. M., Pimienta B. E. 2000. Ciruela mexicana y otras especies del género *Spondias* L. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México, México. 75 p.

Avitia-García, E., Castillo-González, A. M., Pimienta-Barrios, E. 2000. Ciruela mexicana y otras especies del género *Spondias* L. Universidad Autónoma Chapingo. Primera Edición, México. 75 p.

Benzie, I.F., Strain J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant Power": The FRAP assay. Anal. Biochem. 239: 70-76.

Brand, W., W., M. E. Culivier, and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food Sci. Technol. 28: 25-30.

Cruz, L. A., B. Rodríguez H. 2012. En: Jocotes, Jobos, Abales o Ciruelas Mexicanas. Cruz, L. A., A. Pita D., B. Rodríguez H. Universidad Autónoma Chapingo. Pp: 77-101.

Duarte, O., Paull R. E. 2015. Exotic Fruits and Nuts of the New World. CABI. Wallingford, RU. 332 pp.

Duarte, O., Paull, R. E. 2015. Exotic fruits and nuts of the new world. CABI. Wallinford, UK. 332 p.

Fortuny-Fernández, N., M. Monserrat F., M. del R. Ruenes-Morales. 2017. Centros de origen, domesticación y diversidad genética de la ciruela mexicana, *Spondias purpurea* (Anacardiaceae). Acta Botánica Mexicana 121: 7-38.

Jagota, S. K., Dani, H. M. 1982. A new colorimetric technique for estimation of vitamin C using folin phenol reagent. Analytical Biochemistry 127: 178-182.

Kader, A. A., Yahia, E. M. 2011. Postharvest biology of tropical and subtropical fruits. In: Yahia, E. M. (ed.), Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Fundamental issues. Woodhead, pp: 80-111.

Koziol, M. J., Macía, M. J. 1998. Chemical composition, nutritional evaluation and economic prospects of *Spondias purpurea* (Anacardiaceae). Econ. Bot., 52, 373-380.

Ladaniya, M. S. (2008). Citrus Fruit. Biology, Technology and Evaluation. Elsevier.

Maldonado, Y.I. A., Alia, I.T., Núñez-Colín, A. C., Jiménez, H. J., López, V. M. 2017. Chemical and phenotypic diversity of mexican plums (*Spondias purpurea* L.) from the states of Guerrero and Morelos, México. Rev. Bras. Frutic., 39(2): e-610.

Maldonado-Astudillo, Y. I., I. Alia-Tejacal, C. A. Núñez-Colín, Jiménez-Hernández, J., Pelayo-Zaldívar, C., López-Martínez, V., Andrade-Rodríguez, M., Bautista-Baños-S., Valle-Guadarrama, S. 2014. Postharvest physiology and technology of *Spondias purpurea* L. and *S. mombin* L. Scientia Horticulturae, 174: 193-206.

Miller, A. 2011. Spondias. In: Kole, C. Wild crop relatives: genomics and breeding resources, tropical and subtropical fruits. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Pp: 203-212.

Mohammed, M., Bridgemohan, P., Graham, O., Wickham, L., Bridgemohan, R. S. H., Mohammed, Z. 2019, Postharvest physiology, biochemistry and quality management of chili plum (*Spondias purpurea* var. *Lutea*). A review. Journal of Food Research, 8(3): 1-15.

Moo-Huchin, V., Estrada-Mora, I., Estrada-León, R., Cuevas-Glory, L., Ortiz-Vázquez, E., Vargas y Vargas, M. de L., Betancur-Ancona, D., Sauri-Duch, E. 2014. Determination of some physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of tropical fruits from Yucatan. Mexico. Food Chemistry 152: 508-515.

Murillo, E., Meléndez-Martínez, A. J., Portugal, F. 2010. Screening of vegetables and fruits from Panama for rich sources of lutein and zeaxantina. Food Chemistry, 122: 167-172.

Neguerula Á. I. 2012. Is the color measured in food the color that we see? *In*: Caivano J. L., Buera M. del P. (eds.). Color in food. Technological and psychophysical aspect. Buenos Aires, CRC Press. pp: 81-91.

Pérez, L.A., Saucedo-Veloz, C., Arévalo-Galarza, M.L., Muratalla-Lua, A., 2004. Efecto del grado de madurez en la calidad y la vida postcosecha de ciruela mexicana *Spondias purpurea* L. Rev. Fitotec. Mex. 27: 133–139.

Ramírez-Hernández, B. C., Pimienta-Barrios, E., Castellanos-Ramos, J.Z., Muñoz-Urias, A., Palomino-Asbach, G., Pimienta-Barrios, E. 2008. Sistemas de producción

de *Spondias purpurea* (Anacardiaceae) en el centro-occidente de México. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Ciol.), 56: 675-687.

Re, R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang, and C. Rice-Evans. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biol. Med. 26: 1231-1337.

Rodriguez-Amaya, D. B., M. Kimura (2004). HarvestPlus Handbook for Carotenoid Analysis. Harvest Plus Technical Monograph 2. Washington, DC and Cali. International Food Policy Research Institute (IFPRI) and International Center for Tropical Agriculture (CIAT).

Sampaio, S. de A., Bora, P. S., Holschuh, H. J. 2008. Postharvest respiration and maturation of some lesser-known exotic fruits from Brazil-ciriguela (*Spondias purpurea* L.). Revista Ceres, 55(2): 141-145.

Singleton, V. L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-ciocalteu reagent. Methods in Enzymology. 299: 152-178.

Solorzano-Morán, S., I. Alia-Tejacal, Rivera-Cabrera, F., López-Martínez, V., Pérez-Flores, L. J., Pelayo-Zaldívar, C., Guillén-Sánchez, D., León-Sánchez, F. D., Maldonado-Astudillo, Y. I. 2015. Quality attributes and functional compounds of mexican plum (*Spondias purpurea*) fruit ecotypes. Fruits, 70(5): 261-270.

Suárez, V. A., Juárez-López, P., López-Martínez, V., Pérez, L. J. F., Guillén, D. S., Alia-Tejacal, I. Antioxidant activity and physicochemical parameters in 'Cuernavaqueña' mexican plum (*Spondias purpurea* L.) at diferente ripening stages. Rev. Bras. Frutic. 39(4): e-787.

Valero, D., Serrano, M. 2010. Postharvest biology and technology for preserving fruit quality. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 217 p.



Cuernavaca, Morelos, 19 de febrero del 2021

MTRA. CLAUDIA GILES SÁMANO
JEFATURA DEL PE DE IAH / IH
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PRESENTE

En respuesta al oficio con fecha 04 de febrero del 2021, donde se me nombra miembro del jurado calificador del trabajo de tesis denominado: **CAMBIOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE CUATRO ECOTIPOS DE CIRUELA MEXICANA (*Spondias purpurea* L.)**.

Que presentan las **C. JATSIRI JOCELYN ARZATE BOLAÑOS Y C. BRIGITTE MONCERRAT ROMERO HINOJOSA**, pasantes de la carrera de Ingeniería Hortícola, bajo la dirección del **DR. IRAN ALIA TEJACAL**, le comunico que el documento lo considero **APROBADO**.

Sin más por el momento, agradezco de antemano su valiosa colaboración y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente
Por una humanidad culta

Se adiciona página con la e-firma UAEM
del PITC de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

DR. IRAN ALIA TEJACAL

C.e. – Archivo.

Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209.
Tel. (777) 329 70 46, 329 70 00, Ext. 3211 / 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:2021-05-13 09:56:28 | Firmante

HI1jY+4FgQ0SfSRv0cQrAeFNHnfxe/bMJSOzagY8gGlivoU07LN+td+vjIm4p9/ZP7W/vvQUrND4gv+URxSHX+d4q2y1O3f3QeOGS4Y4ZHVv31mif6Jh0MQdQWqz7Fw4OfF06+64j9nxFQN61pLBfJtjwYWKYQB/gZACGKE1ZFLjM81Kf5IA2SbSPhzeFTygE0sA1X+Zj7Rt6Ax00QJAZ1DxXzd7CHVSHzRvUFa+MIQGFnfZ/R9s3mml8/MLTT13TO5mZ+3eQUEw y8D9uDun7X4ZwA3OaOZ6aDVQm88drJDbSsdoy5D2xdyXqPMCzCDTQarTPXVE4/uMywVKEHa+A==

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



1Jp6uE

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/IraPat9yQMfUxV1bVkiHQhFF9uYkiQKR>





Cuernavaca, Morelos, 19 de febrero del 2021

MTRA. CLAUDIA GILES SÁMANO
JEFATURA DEL PE DE IAH / IH
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PRESENTE

En respuesta al oficio con fecha 04 de febrero del 2021, donde se me nombra miembro del jurado calificador del trabajo de tesis denominado: **CAMBIOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE CUATRO ECOTIPOS DE CIRUELA MEXICANA (*Spondias purpurea* L.)**.

Que presentan las **C. JATSIRI JOCELYN ARZATE BOLAÑOS Y C. BRIGITTE MONCERRAT ROMERO HINOJOSA**, pasantes de la carrera de Ingeniería Hortícola, bajo la dirección del **DR. IRAN ALIA TEJACAL**, le comunico que el documento lo considero **APROBADO**.

Sin más por el momento, agradezco de antemano su valiosa colaboración y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente
Por una humanidad culta

Se adiciona página con la e-firma UAEM
del Investigador Invitado de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

DR. JUAN EMILIO ÁLVAREZ VARGAS

C.e. – Archivo.



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

JUAN EMILIO ALVAREZ VARGAS | Fecha:2021-05-15 18:01:53 | Firmante

Fc8d1SY/CrlqV/9B/J1dCcJs4UUrbdQK3VHyMuOUseI7TEUnsbhkRILmoBrezcbgPudF1WtHx2vo3rPGQ2XG3kVM4VISasaK9HBdu0CMd81156214Bil9Qo4iuoWS/TOXuOB0uot
UtYh5o2HI8AR1zKy/1xNE1KO3yXorW8A1Isbx4Iz6KMMg35SWsi6zwKRvaFSZTs6EbGcvKZLonJGEDJRIdNB+sAYufU/eFBEx7oa80XMqjT+n4DUHiiiKC94eu3oh+OZ7fsK+Z/5
Zb+v0TF2o3TL0rCBni6HbpHto/eBt+DtAZI3frwpETraff6iMBCg78PsGBqJO7yas0fQ==

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



tpMq12

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/os5jl9ABWJL9OKtkjYHfohzTDCERFhnB>





Cuernavaca, Morelos, 19 de febrero del 2021

MTRA. CLAUDIA GILES SÁMANO
JEFATURA DEL PE DE IAH / IH
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PRESENTE

En respuesta al oficio con fecha 04 de febrero del 2021, donde se me nombra miembro del jurado calificador del trabajo de tesis denominado: **CAMBIOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE CUATRO ECOTIPOS DE CIRUELA MEXICANA (*Spondias purpurea* L.)**.

Que presentan las **C. JATSIRI JOCELYN ARZATE BOLAÑOS Y C. BRIGITTE MONCERRAT ROMERO HINOJOSA**, pasantes de la carrera de Ingeniería Hortícola, bajo la dirección del **DR. IRAN ALIA TEJACAL**, le comunico que el documento lo considero **APROBADO**.

Sin más por el momento, agradezco de antemano su valiosa colaboración y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente
Por una humanidad culta

Se adiciona página con la e-firma UAEM
del PITC de la Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc, UAEM.

DR. DAGOBERTO GUILLEN SÁNCHEZ

C.e. – Archivo.



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

DAGOBERTO GUILLEN SANCHEZ | Fecha:2021-05-13 18:13:44 | Firmante

WVuDvDtmuEkCji8JFecQVorWmZW/OvHRDk0Ht3kITdeYhrK8EAKhyxTzmLKyl73Ek15w3eLVeKDOIj3EBVR/50s4aNsDKIaW0VBR836VL45YZHLHxJa7pcPGGngVxXZXBdIj0MY6E3fNat/BBeDsAHjdx+trF0l+GS6tDLN71ySPzinz0gDbSGGplKzeGA6TuQoS HHaPwPV0g3KSBYdiupP95jL8hK20Y/3K6N0+qz8aBrHpudrInLREWDAaESIDT1bWMnCa6V5r6fAaN4nG4nC4EIjcfXf+O88l1VA/Rcdmkf1SsQattBuzYv14xLd6zq7VJLofLvH2ArQcsyWWW==

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



[wW9ozH](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/iA8qze8XQ3cc63UKii2MkezDME3k0Jfw>





Cuernavaca, Morelos, 19 de febrero del 2021

MTRA. CLAUDIA GILES SÁMANO
JEFATURA DEL PE DE IAH / IH
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PRESENTE

En respuesta al oficio con fecha 04 de febrero del 2021, donde se me nombra miembro del jurado calificador del trabajo de tesis denominado: **CAMBIOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE CUATRO ECOTIPOS DE CIRUELA MEXICANA (*Spondias purpurea* L.)**.

Que presentan las **C. JATSIRI JOCELYN ARZATE BOLAÑOS Y C. BRIGITTE MONCERRAT ROMERO HINOJOSA**, pasantes de la carrera de Ingeniería Hortícola, bajo la dirección del **DR. IRAN ALIA TEJACAL**, le comunico que el documento lo considero **APROBADO**.

Sin más por el momento, agradezco de antemano su valiosa colaboración y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente
Por una humanidad culta

Se adiciona página con la e-firma UAEM
del PTP de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

DRA. GLORIA ALICIA PÉREZ ARIAS

C.e. – Archivo.



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

GLORIA ALICIA PEREZ ARIAS | Fecha:2021-05-13 21:35:43 | Firmante

ZWr5HKN42h4D4UPUC6kMphO7fBheTXGnta4mfdUWghkfly+rdGSH+sY0aRr6/062IW/BILkEIPaIWTRKAj+J7XXa4A3bosbb6P74/xX+DKHKNQBpSvwb+unRxCEX9zf8aRiOyGZVqievNy9YWGNr9nF6c+UI1ASuTasxZTCCkdCh6hbokOMSSUvLbquibxVLvu6q19sj0FgaeZwXPfYpTEzJZcaE/PBoikSQ4mRtoHPRPzJR+AWJlvDGTfbKMvP2gs1ZuYFlxoxXS4d+ShxDneR+uDQN9DT0Dw7Xj11ifr6kM6qOHUNASb9PFNKPHeTusKTiXo0xvLGeHoViVqg==

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



eQGx1J

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/RPKbiXJMSc3eRTwS3o66SJeKG2gbwn6>





Cuernavaca, Morelos, 19 de febrero del 2021

MTRA. CLAUDIA GILES SÁMANO
JEFATURA DEL PE DE IAH / IH
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PRESENTE

En respuesta al oficio con fecha 04 de febrero del 2021, donde se me nombra miembro del jurado calificador del trabajo de tesis denominado: **CAMBIOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE CUATRO ECOTIPOS DE CIRUELA MEXICANA (*Spondias purpurea* L.)**.

Que presentan las **C. JATSIRI JOCELYN ARZATE BOLAÑOS Y C. BRIGITTE MONCERRAT ROMERO HINOJOSA**, pasantes de la carrera de Ingeniería Hortícola, bajo la dirección del **DR. IRAN ALIA TEJACAL**, le comunico que el documento lo considero **APROBADO**.

Sin más por el momento, agradezco de antemano su valiosa colaboración y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente
Por una humanidad culta

Se adiciona página con la e-firma UAEM
del PTP de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

DR. DANTE VLADIMIR GALINDO GARCÍA

C.e. – Archivo.



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

DANTE VLADIMIR GALINDO GARCIA | Fecha:2021-05-16 23:32:18 | Firmante

OAkclsEig1jPxxPzi/+0nO26ihnhlgz5dehahocv8L23cPfX75lBpmqR5Q5HNjSSvkR/3Nr+zu3nl8vLyXUHCRAnyrxvXV0upoNOoYVGxrkqvA7BD3raacvZE/1lZw16JtrLa7aUT65WFUMzBHsqCe0JUzraiburU4YbslaFmSOzhB3TrvfGWCxOt/GGnx0upDY5fsSWM/kD0+KF9s8fIWkAY2n0OpXtXuSDKBycYpQP/yjeLlDeDp+6LTbQl6jixszncPLFFBt03/JO6b/bcSpe nb8DwqVgU2rsN4U4tZMhrSSkhYK2KbYXR7ZqG+DPDXws/cz6lNcp9E9fVY6Nw==

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



QS7EMk

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/11K0JlbotWuab8COEoRXwNhkdu75z6Us>

