



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

---

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

---

**DESCRIPCIÓN FÍSICA, BIOQUÍMICA Y FISIOLÓGICA  
DE CIRUELA MEXICANA (*Spondias purpurea* L.) DE  
ESTACIÓN SECA Y HÚMEDA**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
DESARROLLO RURAL**

**P R E S E N T A:**

**I.H. HANNYA VALERIA VIDAL RIVAS**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**Dr. Iran Alia Tejacal**



FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS

**Cuernavaca, Morelos, marzo 2026**

**DESCRIPCIÓN FÍSICA, BIOQUÍMICA Y FISIOLÓGICA DE CIRUELA MEXICANA  
(*Spondias purpurea* L.) DE ESTACIÓN SECA Y HÚMEDA**

Tesis realizada por Hannya Valeria Vidal Rivas bajo la dirección del comité revisor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el grado de:

M. en C. Agropecuarias y Desarrollo Rural

COMITÉ REVISOR:

---

DIRECTOR

Dr. Irán Alia Tejacal

---

REVISOR

Dra. Gloria Alicia Pérez Arias

---

REVISOR

Dr. Juan Manuel Villarreal Fuentes

---

REVISOR

Dr. Porfirio Juárez López

---

REVISOR

Dr. Víctor López Martínez

**Dedicada**

**A MI FAMILIA Y AMIGOS**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la beca SECIHTI (Núm. de CVU: 1267516) por brindarme su apoyo, lo que para mí es un voto de confianza para poder concluir esta investigación, así mismo expreso mi más sincero agradecimiento a la Red de Ciruelas Mexicanas por el apoyo y conocimiento brindado durante todo este tiempo.

Agradezco el apoyo por parte de doña Enriqueta García Lara y el M.C. Edgar Gómez B. por apoyar en proporcionar el material vegetal necesario para la realización de esta investigación.

Gracias Dr. Iran por ser tan buena persona, por apoyarme y aconsejarme, por la confianza depositada en mí, por ser tan paciente, gracias por ser ese gran ejemplo a seguir, por siempre resolver cada una de mis dudas, por brindarme las herramientas necesarias para crecer profesionalmente.

A mis padres: las palabras no son suficientes para expresar todo lo que por ustedes siento, gracias por confiar en mí, por brindarme todo su amor y su comprensión, por alentarme y darme ánimos, por escucharme y aconsejarme.

A mis hermanos: por continuar a mi lado en este camino, por ser mis amigos, mis confidentes, gracias por ser mi lugar seguro, por caminar a mi lado en cada una de las etapas por las que he atravesado, gracias por darme la certeza de que nunca estaré sola.

A Román Marquina: por ser mi compañero, por apoyarme y alentarme a seguir adelante, por aconsejarme y ser mi refugio, mi lugar seguro.

A mis amigos Daniela, Arantxa, Emiliano y Samuel: gracias por demostrarme lo que es un verdadero amigo, gracias por permitirme ser yo misma con ustedes, por cada risa, por cada enojo, tener amigos como ustedes es confirmar en que la vida es mucho más amable y divertida cuando tienes con quien compartir buenos momentos.

Gracias dios por darme la fuerza y la capacidad de poder concluir con éxito una etapa más en mi vida, la cual está llena de muchos aprendizajes, de bendiciones y muchas lecciones.

## Índice

Introducción .....	1
Problemática .....	3
Objetivo .....	3
Hipótesis .....	3
2. Materiales y métodos .....	4
2.1 Localización y material vegetal .....	4
2.2 Organización experimental y material vegetal .....	4
2.3 Variables evaluadas .....	4
3. Análisis de datos .....	5
4. Resultados y discusión .....	6
4.1 Caracteres del árbol .....	6
4.2 Caracteres de la flor .....	9
4.2.1 Descripción de racimos de flores .....	11
4.3 Caracteres del fruto .....	16
4.4 Caracteres de la hoja .....	25
5. Conclusiones .....	36
6. Literatura citada .....	37

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Color con cartas RHS en corteza de árboles de ciruela mexicana ( <i>Spondias purpurea</i> ) .....	6
Cuadro 2. Dimensiones en arboles de cuatro variantes de ciruela mexicana .....	7
Cuadro 3. Color con cartas de la RHS y con espectrofotómetro de flores de cuatro variantes de ciruela mexicana.....	10
Cuadro 4. Cantidad de flores y racimos por ramas de 50 cm de árboles de ciruela mexicana.....	12
Cuadro 5. Dimensiones morfológicas de flores de cuatro variantes de ciruela mexicana .....	13
Cuadro 6. Características morfológicas de flores de cuatro variantes de ciruela mexicana ( <i>Spondias purpurea</i> L.) .....	15
Cuadro 7. Características físicas de frutos de cuatro variantes de ciruela mexicana.	17
Cuadro 8. Proporciones de las estructuras del fruto de cuatro variantes de ciruela mexicana .....	18
Cuadro 9. Espesor del epicarpio y firmeza de frutos de cuatro variantes de ciruela mexicana .....	19
Cuadro 10. Parámetros de color en frutos de cuatro variantes de ciruela mexicana.....	20
Cuadro 11. Acidez titulable, sólidos solubles totales e índice de sabor de cuatro variantes de ciruela mexicana ( <i>Spondias purpurea</i> L.) .....	22
Cuadro 12. Actividad antioxidante de cuatro variantes de ciruela mexicana .....	23
Cuadro 13. Moléculas funcionales de cuatro variantes de ciruela mexicana .....	24
Cuadro 14. Características de pigmentos de cuatro variantes de ciruela mexicana.	26
Cuadro 15. Características de masa y área foliar de hojas de cuatro variantes de ciruela mexicana .....	27
Cuadro 16. Características morfológicas en hojas de cuatro variantes de ciruela mexicana .....	28
Cuadro 17. Número de estomas en hojas de cuatro variantes de ciruela mexicana.	30

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Cartas de color de la Royal Horticultural Society en cortezas de árboles de Ciruela mexicana ( <i>Spondias purpurea</i> L.) .....	6
<b>Figura 2.</b> Árboles de las cuatro variantes de ciruela mexicana .....	8
<b>Figura 3.</b> Color con cartas de la Royal Horticultural Society en flores de ciruela mexicana .....	10
<b>Figura 4.</b> Inflorescencia de la variante ‘Cuernavaqueña’ .....	11
<b>Figura 5.</b> Rama con inflorescencias de flores de ciruela ‘Amarilla’ .....	12
<b>Figura 6.</b> Flor de la variante ‘Cuernavaqueña’ y ‘Amarilla’ .....	13
<b>Figura 7.</b> Estambres de flor de la variante ‘Roja’ .....	15
<b>Figura 8.</b> Lóculos de flor de la variante ‘Cuernavaqueña’ .....	15
<b>Figura 9.</b> Pétalo de flor de la variante ‘Cuernavaqueña’ .....	15
<b>Figura 10.</b> Pétalos de la variante ‘Roja’ .....	15
<b>Figura 11.</b> Diámetro polar en frutos de ciruela mexicana .....	17
<b>Figura 12.</b> Circulo cromático del color de cuatro variantes de ciruela mexicana.	20
<b>Figura 13.</b> Frutos de tres variantes de ciruela de estación seca ‘Roja’, ‘Morada’, ‘Amarilla’ y una variante de estación húmeda ‘Cuernavaqueña’ .....	25
<b>Figura 14.</b> Altura de hojas de cuatro variantes de ciruela mexicana ( <i>Spondias purpurea</i> L.) .....	28
<b>Figura 15.</b> Ancho de hojas de cuatro variantes de ciruela mexicana ( <i>Spondias purpurea</i> L.) .....	29
<b>Figura 16.</b> Estomas en hojas de cuatro variantes de ciruela mexicana ( <i>Spondias purpurea</i> L.) .....	31
<b>Figura 17.</b> Forma alterna helicoidal de hojas de ciruela .....	32
<b>Figura 18.</b> Posición de foliolos en hojas de cuatro variantes de ciruela mexicana. FT: Folíolo terminal, FO: Folíolos opuestos, FS: Folíolos subopuestos .....	33
<b>Figura 19.</b> Folíolos de hojas de cuatro variantes de ciruela mexicana .....	34
<b>Figura 20.</b> Folíolos sésiles en hojas de cuatro variantes de ciruela mexicana ...	35

## Resumen

La ciruela mexicana es un frutal apreciado en México como fruta de temporada y para diferentes preparaciones de alimentos. La gran diversidad con la que se cuenta hace importante conocerlas, describirlas, utilizarlas y registrarlas. El objetivo del presente trabajo fue obtener caracteres físicos, bioquímicos y fisiológicos en las diferentes partes vegetativas que componen a los árboles de las cuatro variantes de ciruela mexicana cultivadas en Morelos, los cuales pueden ayudar a diferenciar estos materiales entre sí, diferenciarlos de otras variantes y aportar para el registro de las variantes. Es así que durante diciembre del 2023 a diciembre del 2024 se realizaron visitas a huertas de traspatio de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) de estación seca de las variantes 'Roja', 'Morada' y 'Amarilla' en la Colonia Adolfo López Mateos, Tepalcingo, Morelos; y de estación húmeda con la variante 'Cuernavaqueña', en Cuernavaca, Morelos. Las principales diferencias que se detectaron en los árboles fue en 'Cuernavaqueña' que es una corteza más oscura en comparación con las otras tres variantes. Las flores de las cuatro variantes presentaron diferencias en el color, tamaño, número de anteras, lóculos y pétalos donde la variante 'Cuernavaqueña' mostró mayor cantidad de flores por racimo y flores con dimensiones mayores. En 'Cuernavaqueña' los frutos resultaron ser grandes y con mayor proporción comestible. Las variantes de estación seca 'Roja' y 'Morada' tuvieron mayor cantidad de compuestos fenólicos y mayor actividad antioxidante. Las hojas de 'Cuernavaqueña' mostraron mayor área foliar y mayor cantidad de folíolos por hoja. 'Roja' y 'Morada' presentaron valores superiores en cuanto al peso seco. Las variantes de estación seca no presentaron diferencias significativas entre sí en cuanto al número de estomas, pero sí con la variante de estación húmeda 'Cuernavaqueña' que presentó menor cantidad de estomas por mm<sup>2</sup>. Los resultados indican que hay parámetros físicos, bioquímicos y fisiológicos que diferencian a las variantes de estación húmeda y seca, que ayudaran al registro de los primeros materiales mexicanos.

**Palabras clave:** Corteza, flores, actividad antioxidante, folíolos, estomas.

## ABSTRACT

Mexican plum is a fruit tree appreciated in Mexico as a seasonal fruit and for various culinary preparations. Given the vast diversity of these species, it is essential to identify, describe, utilize, and register them. The objective of this work was to obtain physical, biochemical, and physiological traits from different vegetative parts of four Mexican plum trees variants cultivated in Morelos. These characteristics can help differentiate from one another, distinguish them from other variants, and contribute to their official registration. From December 2023 to December 2024, visits were made to backyard orchards of Mexican plum during the dry season for the 'Red', 'Purple', and 'Yellow' variants in Adolfo López Mateos, community, in Tepalcingo, Morelos; and during the rainy season for the 'Cuernavaqueña' variant in Cuernavaca, Morelos. The main differences detected in the trees showed that 'Cuernavaqueña' had darker bark compared to the other three variants. The flowers of the four variants showed differences in color, size, number of anthers, locules, and petals, with the 'Cuernavaqueña' variant exhibiting a higher number of flowers per cluster and larger floral dimensions. In 'Cuernavaqueña', the fruits were found to be large with a higher edible proportion. The dry-season variants 'Red' and 'Purple' had a higher amount of phenolic compounds and greater antioxidant activity. The leaves of the 'Cuernavaqueña' variant showed a larger leaf area and a higher number of leaflets per leaf, while 'Red' and 'Purple' showed higher values regarding dry weight. The dry-season variants showed no significant differences among themselves in the number of stomata, but they did differ from the rainy-season variant 'Cuernavaqueña', which presented less number of stomata per mm<sup>2</sup>. The results indicate that there are physical, biochemical, and physiological parameters that differentiate the rainy-season and dry-season variants, which will assist in the registration of these primary Mexican materials.

**Key words:** Bark, flowers, antioxidant activity, leaflet, stomata.

## INTRODUCCIÓN

La ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) se le conoce también como jocote, abal, jobos, entre otros; pertenece a la familia de las Anacardiaceae, es apreciado por las características organolépticas de los frutos que produce (Avitia et al., 2003), tiene su origen en el sur de México y Centroamérica y se distribuye hasta Perú y Brasil, donde se le ha encontrado tanto de manera silvestre como cultivado (Morton, 2013). Recientemente, Fortuny-Fernández et al. (2017) indican que el centro de origen de *Spondias purpurea* puede ser en la provincia biogeográfica del Eje Neovolcánico, en el occidente de México entre los estados de Jalisco y Michoacán que los centros de domesticación se sugieren a la Depresión del Balsas, la Costa del Pacífico y la Península de Yucatán.

Diversos estudios indican la gran diversidad que tiene *Spondias purpurea* (Álvarez-Vargas et al., 2022), se reconocen más de 180 nombres comunes, lo que sugiere la vastedad de variantes que se ubican en regiones (García et al., 2022). La ciruela mexicana es una especie multipropósito, desde el fruto como alimento, las hojas y corteza del árbol como medicinal, el árbol como ornamental y proveedor de materia prima de construcciones, forraje para ganado (García et al., 2022). Además, la especie muestra gran plasticidad, ya que se adapta a condiciones de escasez de agua, suelos pobres y delgados; y actualmente se desarrolla bajo condiciones bajo manejo agronómico (Pimienta-Barrios et al., 2004; Alia et al., 2012).

Se considera que las ciruelas mexicanas se clasifican de acuerdo con la época de fructificación en: 1) ciruelos que fructifican de abril a mayo o ciruelos de estación seca y 2) ciruelos que fructifican de septiembre a diciembre o de estación húmeda (Álvarez-Vargas et al., 2019; Cancino-Labra et al., 2023 a). Avitia et al. (2003) sugiere un grupo intermedio que fructifica a inicios de la época de lluvias y que tiene características morfológicas intermedias entre los ciruelos de estación seca y húmeda, pero no hay estudios específicos al respecto.

El Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (2019) reportó como ciruela del país o ciruela mexicana 9,829 ha establecidas, con un valor de la producción de

355 miles de pesos, donde Morelos cultiva 429 ha y un valor de producción de 12,793.28 miles de pesos (SIAP 2023). Alia et al. (2012), Maldonado et al. (2017) y Álvarez et al. (2017) indican que las ciruelas de Morelos y Guerrero se agrupan con materiales de Guerrero formado por frutos de color rojo, naranja, amarillo, púrpura y verde con diversas características de pureza, luminosidad, acidez titulable, sólidos solubles totales, fenoles, carotenoides, actividad antioxidante y se distinguen materiales por su época de fructificación: estación seca y estación húmeda o por su condición de cultivo: a) silvestres, b) cultivadas y c) domesticadas; 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.

En Tabasco, Vargas et al. (2011) describieron cuatro variantes de *Spondias purpurea* L. de estación seca donde el mayor diámetro del tallo lo presentó 'Criolla roja' y el menor fue para 'Tuxpana amarilla', detectándose diferencias en los tamaños, posición y forma de los folíolos entre las diferentes variedades. Los colores del perianto fueron de rosa pálido en 'Tuxpana amarilla', rojo claro en 'Criolla morada' y rojo-vino en 'Tuxpana roja' y 'Criolla roja'. Los frutos con mayor longitud y porcentaje de porción comestible fueron las Tuxpana con un promedio de 3.3 cm y 83 %. La porción comestible de la ciruela mexicana es la epidermis + mesocarpo, por lo que la variedad 'Morada' alcanza hasta 79 % de porción comestible, en tanto que 'Roja' y 'Amarilla' alcanzaron solo 57 % de porción comestible. Ruenes et al. (2022) mencionan que los árboles de *Spondias purpurea* L. alcanzan entre 10 - 15 m de altura y el grosor del tronco llega a ser de entre 40 a 80 cm de diámetro; con una corteza grisácea, lisa o rugosa y la copa de estos árboles se extiende de forma horizontal; las hojas tienen de 5 – 12 pares de folíolos los cuales están dispuestos de forma alterna u opuesta son oblongos o elípticos; estos llegan a medir de entre 1.5 a 6 cm de largo y de 0.7 a 3 cm de ancho.

Considerando lo anterior, el objetivo del presente trabajo de investigación es caracterizar las estructuras que componen a los árboles de tres variantes de ciruela mexicana: 'Roja, Morada' y 'Amarilla' y una de estación húmeda 'Cuernavaqueña' en Morelos, con la finalidad de establecer los caracteres que ayudan a diferenciar estos

materiales y poderlos utilizar en futuros trabajos de registro de estas especies en los Catálogos.

### **Problemática**

Actualmente se han realizado algunos estudios y revisiones de literatura con la finalidad de conocer la diversidad (Álvarez-Vargas et al., 2022; Álvarez-Vargas et al., 2017; Maldonado et al., 2017), la fenología y crecimiento del fruto (Álvarez-Vargas et al., 2019; Cancino-Labra et al., 2023 a y 2023 b), la calidad, nutraceuticos y fisiología poscosecha (Maldonado et al., 2014; Solorzano-Morán et al., 2015; Suarez et al., 2017; Alia-Tejacal et al., 2022; Romero-Hinojosa et al., 2021; Ferrer et al., 2022; Maldonado-Astudillo et al., 2023; Cancino-Labra et al., 2024 ), así como la respuesta a diversas tecnologías en algunos materiales sobresalientes de ciruela de estación seca y húmeda (García-González et al., 2016). Sin embargo, aún no se han realizado estudios donde se incluya la caracterización morfológica, física, química y fisiológica del árbol, es decir que incluya el tallo, las hojas y las flores, además de algunas variables del fruto en madurez comestible. Esta caracterización ayudará a definir algunos aspectos para el registro de variedades; además que contribuirá a definir las principales diferencias entre variedades de estación seca con la de estación húmeda, aspecto básico para proponer paquetes tecnológicos.

### **OBJETIVO**

Obtener caracteres físicos, fisiológicos, bioquímicos de tres variedades de ciruela mexicana 'Roja', 'Morada' y 'Amarilla' de estación seca y una variedad de estación húmeda 'Cuernavaqueña'; que nos ayuden a diferenciar estos tres materiales y sean de utilizada para su registro y manejo agronómico.

### **HIPÓTESIS**

Las variedades de ciruela mexicana mostraran diferencias en aspectos físicos, fisiológicos, y químicos que ayudaran a diferenciar las variedades de ciruelas mexicanas entre sí y con las cuales se puedan diferenciar de otras variedades.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Localización y material vegetal

Se trabajó con árboles de ciruela mexicana de estación seca en la Col. Adolfo López Mateos perteneciente a Tepalcingo (18°39'42''N, 98°55'28''W, 1160 msnm), Morelos, México; el cual cuenta con un clima subhúmedo, con una temperatura media anual de 24.3 °C (García, 1987). Los árboles evaluados fueron de estudios anteriores y se visitaron para realizar las evaluaciones descritas a continuación (Cancino-Labra *et al.*, 2023 a, b y c). Los árboles de estación húmeda fueron seleccionados de los ubicados en la localidad de Buenavista del Monte, Cuernavaca. Las muestras vegetales obtenidas fueron trasladadas al Laboratorio de Producción Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, donde se realizaron las evaluaciones que a continuación se describen.

### 2.2. Organización experimental y Material vegetal

Durante un año agrícola se tomaron muestras de tallo, hojas, flores y frutos de tres árboles de *Spondias purpurea* L. de las variantes 'Roja', 'Morada' y 'Amarilla,' y de estación húmeda 'Cuernavaqueña'. Las estructuras fueron seleccionadas de forma aleatoria y se tuvieron de 10 a 100 repeticiones dependiendo la variable a determinar.

### 2.3. Variables evaluadas

De los árboles se determinó la **altura** y el diámetro a la altura del pecho (1.30 m) con una cinta métrica, diámetro y forma de la copa y se determinó el patrón de ramificación. Con la ayuda de cartas de color de la RHS (2015) se determinó el **color del tronco, hojas, flores y frutos**. En las flores se hizo el conteo de número de flores por racimo y la clasificación de estas, el largo y ancho de las flores; además se determinó, **el número de pétalos, largo y ancho** de los mismos; **el número de anteras** y la **posición del gineceo**. En las hojas se determinó el **largo y ancho de las hojas**,

además del **número de foliolos**, la **posición**, el **largo** y **ancho** de estos y el **tipo de nervadura**, se determinaron las clorofilas mediante un **SPAD** (Minolta, Japón), además la concentración de **clorofilas (a, b y totales)** y **carotenoides totales** (Rodés y Collazo, 2006); el **área foliar** se determinó con un medidor LICOR LI 3100C (LICOR, USA) en las mismas hojas se determinó el **peso seco** después de secarlas en un horno de secado con aire forzado a 70 °C por 3 d (Luzeren®, USA) y se pesaron en una balanza analítica (OHAUS, USA); con el **peso seco** y **área foliar** se determinó el **peso específico** (Witkowski y Lamont, 1991).

En 100 frutos por variante en madurez de consumo se determinó el **diámetro polar y ecuatorial**, con ayuda de un vernier (Laps, USA), el **color de la epidermis con las cartas de la RHS** (2015) y con un espectrofotómetro de esfera (X-rite®, USA). Los frutos fueron separados en epidermis, mesocarpo y endocarpo y se pesaron en una balanza para determinar su **contribución al peso total en porcentaje** (OHAUS®, USA). En la epidermis y en la pulpa se determinaron el contenido **fenoles totales** (Singleton et al., 1999), **flavonoides totales** (Arvouet et al., 1994), **la acidez titulable**, **contenido de sólidos solubles totales**, los **azúcares totales**, **carotenoides totales**, **antocianinas totales** (Álvarez et al., 2017) y la **actividad antioxidante por los métodos de DPPH, ABTS y FRAP** (Brand et al., 1995; Benzie et al., 1996; Re et al., 1999). En el **endocarpo** se midió el **largo** y **ancho** con la ayuda de un vernier (Laps, USA).

### 3. Análisis de datos

Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza y cuando se encontraron diferencias significativas se realizaron comparaciones de medias por el método de la diferencia Mínima Significativa (0.05) (SAS, 2004)

## 4. Resultados

### 4.1. Caracteres del árbol

Los tallos de las cuatro variantes de ciruela mexicana presentaron tonalidades grisáceas (Cuadro 1), ‘Cuernavaqueña’ presento tonalidades más oscuras cafés en comparacion a las otras tres variantes; además la ‘Amarilla’ presento tonalidades gris mas claro que ‘Roja’ y ‘Morada’ (Cuadro1). Vargas-Simón et al. (2011) evaluaron cuatro variedades de ciruela mexicana en Tabasco, México, lo que coincide con los resultados obtenidos.

**Cuadro 1.** Color con cartas RHS en corteza de árboles de ciruela mexicana (*Spondias purpurea*)

variante	Color cartas RHS
‘Roja’	Greyed group 201 light brownish grey B; brown group N200 light brownish grey C
‘Morada’	Greyed group 201 reddish grey C; Greyed group 201 pinkish grey D
‘Amarilla’	Greyed group 201 reddish grey C; Greyed group light brownish greyed A
‘Cuernavaqueña’	Greyed group 201 light brownish greyed A; Greyed group 201 reddish grey C

En la Figura 1 se puede apreciar el color con las cartas RHS en árboles de ciruela mexicana de estación seca.



**Figura 1.** Cartas de color de la Royal Horticultural Society en cortezas de árboles de Ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.)

Los árboles de *Spondias*, dependiendo la variedad pueden alcanzar hasta 50 cm de diámetro del tallo y altura de hasta 20 m (Venegas, 2005). Duarte y Paull (2015) mencionan que los árboles de *Spondias purpurea* alcanzan alturas entre 7 y 15 m de alto y diámetros de hasta 50 cm. Lo anterior mencionado, coincide con los datos obtenidos en esta investigación, ya que los árboles de la variante ‘Cuernavaqueña’ fueron los de mayor altura, seguidos por las variantes ‘Roja’ y ‘Amarilla’ y por último los árboles de la variante ‘Morada’, siendo estos los de porte menor (Cuadro 2). Los diámetros del tallo son mayores a los reportados, entre 80 y 105 cm, probablemente por que son años de edad de más de 40 años y por la poda constante que favorece el crecimiento lateral. Vargas-Simón et al. (2011), reportan entre 23.3 y 32.1 cm del diámetro de tallo en árboles en Tabasco, México.

**Cuadro 2.** Dimensiones en árboles de cuatro variantes de ciruela mexicana

<b>Variante</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Diámetro (cm)</b>
<b>‘Roja’</b>	3.71 b	105.33 a
<b>‘Morada’</b>	2.66 c	104.50 a
<b>‘Amarilla’</b>	3.76 b	80.00 a
<b>‘Cuernavaqueña’</b>	6.30 a	91.67 a
<b>DMS</b>	0.61	31.84
<b>C.V</b>	11.71	17.73

En cuanto al ancho de los tallos, aunque los valores resultan ser “diferentes”, al momento de realizar el análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas entre las cuatro variantes (cuadro 2).

En la Figura 2 se observan los árboles de las cuatro variantes de ciruela mexicana, tres variantes de estación seca denominadas ‘Roja’, ‘Morada’ y ‘Amarilla’; y ‘Cuernavaqueña’ de estación húmeda. En la cual se pueden observar que los árboles de estación seca son de porte menor que el de estación húmeda. Considerando que la mayoría de los árboles de *Spondias* spp. son propagados de forma vegetativa y podados constantemente para desarrollar nuevos puntos de crecimiento y producir

fruta se considera que la forma de los árboles es de tipo vaso, generalmente dejando un tronco corto a partir de los cuales se desarrollan dos o mas ramas principales las cuales forman ramas sublaterales donde se desarrollan los frutos (Buckingham, 2010).



**Figura 2.** Árboles de las cuatro variantes de ciruela mexicana

## 4.2. Caracteres de la flor

Las flores de las cuatro variantes de ciruela mexicana presentaron diferencias en el color de acuerdo con las cartas de la RHS (Cuadro 3, Figura 3), así la variante 'Roja' tuvo un color rojo tendiente al naranja, la variante 'Morada' mostró un rojo oscuro (Cuadro 3, Figura 3). Por otra parte, en 'Amarilla' las flores fueron amarillas verdosas y las flores de 'Cuernavaqueña' fueron de color rosa oscuro (Cuadro 3).

Estas diferencias se confirmaron en los parámetros de color, en la luminosidad todas las variantes fueron significativamente diferentes entre sí, observándose el siguiente gradiente: 'Amarilla'>'Morada'>'Roja'>'Cuernavaqueña', es decir la primer variante tuvo mayor tendencia al blanco y la última variante mayor tendencia al negro.

En las coordenadas  $a^*$  y  $b^*$  se observó que todas las variantes son diferentes significativamente entre sí, así en el eje positivo de  $a^*$ , que indica tendencia hacia el rojo cuando el valor es más positivo, se observó el siguiente gradiente: 'Cuernavaqueña'>'Roja'>'Morada'>'Amarilla' (Cuadro 3). En tanto que en el parámetro  $b^*$ , que valores positivos indican tendencia al amarillo y colores negativos tendientes al azul, el gradiente fue 'Cuernavaqueña'>'Amarilla'>'Roja'>'Morada'.

Al transformar los datos cartesianos,  $a^*$  y  $b^*$ , al ángulo matiz y cromaticidad se determinó que las variedades 'Roja' y 'Morada' son similares en el tono, es decir tienen similares valores tendientes a tonos azulados opacos, en tanto que las flores de 'Cuernavaqueña' son más tendientes al rojo opaco y 'Amarilla' al color amarillo opaco (Cuadro 3).

Los resultados indican claramente que tanto las cartas de color, como el espectrofotómetro ayudaron a separar las cuatro variantes por el color en tres grupos, en el primero se integró por las variantes 'Roja' y 'Morada', en el segundo 'Cuernavaqueña' y en el tercero 'Amarilla' (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Color con cartas de la RHS y con espectrofotómetro de flores de cuatro variantes de ciruela mexicana

Variante	Cartas RHS	L*	a*	b*	C*	h
'Roja'	Orange red group N34 moderate red A	62.75 c <sup>z</sup>	6.87 b	-1.01c	8.39 b	243.68 b
'Morada'	Greyed purple 183 dark red A	68.45 b	5.15 c	-3.07d	6.98 c	266.74 b
'Amarilla'	Green yellow group 1 light greenish yellow C	73.91 a	0.70 d	6.47 b	7.10 c	97.39 c
'Cuernavaqueña'	Red group 48 deep pink A	59.17 d	10.4 a	12.93 a	17.02 a	375.31 a
DMS		2.61	0.58	1.4	1.05	49.27
C.V		10.86	34.71	16.71	38.53	42.7

<sup>z</sup>: Letras iguales en el sentido de las columnas indican similitud estadística de acuerdo a la prueba de la DMS (0.05).



**Figura 3.** Color con cartas de la Royal Horticultural Society en flores de ciruela mexicana.

#### 4.2.1 Descripción de racimos de flores

Las flores de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) se agrupan en racimos, los cuales conocemos como inflorescencias (Figura 4); la variante que tuvo mayor cantidad de flores por racimo fue la variante de estación húmeda 'Cuernavaqueña' (Figura 4, Cuadro 4) mientras que entre las tres variantes de ciruela mexicana de estación seca ('Roja', 'Morada' y 'Amarilla') no existieron diferencias significativas y tuvieron entre 7 y 8 flores (Cuadro 4). Vanegas-Mauricio (2005) menciona que las panículas de *Spondias purpurea* L. pueden tener de 6 a 21 flores, en tanto que Vargas-Simón et al. (2011) indica entre 7 a 12 flores por panícula y solo una variante entre 2 a 8 flores por panícula. Estos resultados indican la diversidad de la producción floral en la especie y que puede afectar el rendimiento productivo.

Las variantes 'Roja' y 'Amarilla' tuvieron mayor cantidad de racimos por rama de 50 cm (entre 37 y 44), mientras que las variantes 'Morada' y 'Cuernavaqueña' no superaron los 30; (Cuadro 4). La variante 'Amarilla' representa la cantidad de racimos de flores (Figura 5).



**Figura 4.** Inflorescencia de la variante 'Cuernavaqueña'



**Figura 5.** Rama con inflorescencias de flores de ciruela ‘Amarilla’

**Cuadro 4.** Cantidad de flores y racimos por ramas de 50 cm en árboles de ciruela mexicana.

<b>Variante</b>	<b>Flores por panícula (Núm.)</b>	<b>Racimos por rama (Núm.)</b>
<b>‘Roja’</b>	8.31 b <sup>z</sup>	<b>37.41 a</b>
<b>‘Morada’</b>	8.16 b	28.83 b
<b>‘Amarilla’</b>	7.78 b	<b>43.23 a</b>
<b>‘Cuernavaqueña’</b>	<b>17.21 a</b>	27.91 b
<b>DMS</b>	24.87	28.10
<b>C.V</b>	0.75	7.90

<sup>z</sup> Letras iguales en el sentido de las columnas indican similitud estadística de acuerdo a la prueba de la DMS (0.05).

Las dimensiones de las flores en las cuatro variantes fueron diferentes entre sí (Cuadro 5). Considerando los valores obtenidos el gradiente del tamaño de las flores fue ‘Cuernavaqueña’>‘Roja’>‘Morada’>‘Amarilla’ (Cuadro 5). Las flores de ‘Cuernavaqueña’ superaron entre 10 y 30 % en las dimensiones de la flor y entre 34 a 42 % el tamaño del pedúnculo, la variante ‘Amarilla’ fue la de menores dimensiones de la flor y la variante ‘Morada’ fue la de menores dimensiones del pedúnculo (Cuadro 5). Vargas-Simón et al. (2011) indican que las flores de cuatro variantes de *Spondias purpurea* en Tabasco, México sus dimensiones estuvieron entre 2.9 y 3.6 cm de

longitud que son similares a la variante 'Amarilla', pero menor que las demás variantes evaluadas. Estas características sugieren que las diferencias en las dimensiones de la estructura reproductiva se asocian con factores endógenos y también son moduladas por factores ambientales.

**Cuadro 5.** Dimensiones morfológicas de flores de cuatro variantes de ciruela mexicana.

Variante	Longitud de flor (mm)	Amplitud de flor (mm)	Largo pedúnculo (mm)	Ancho pedúnculo (mm)
'Roja'	4.37 b	3.16 b	2.07 b	0.85 b
'Morada'	3.73 c	2.91 c	1.81 c	0.77 c
'Amarilla'	3.53 d	2.45 d	1.98 bc	0.87 b
'Cuernavaqueña'	5.13 a	3.48 a	3.44 a	1.32 a
DMS	0.12	0.10	0.19	0.06
C.V	10.48	12.31	29.81	24.23

<sup>z</sup>: Letras iguales en el sentido de las columnas indican similitud estadística de acuerdo a la prueba de la DMS (0.05).



**Figura 6.** Flor de la variante 'Cuernavaqueña' y 'Amarilla'

El número de anteras fue mayor en la variante 'Roja' (Figura 7), seguido de 'Morada' y el menor número en 'Cuernavaqueña' y 'Amarilla' (Cuadro 6), la diferencia fue de aproximadamente 1 antera entre la variante con mayor y menor número (Cuadro 6). Vargas-Simón et al. (2011) reporta entre 8 y 9.5 estambres en cuatro variantes de Tabasco, México, que son menos en al menos 1 unidad con las variantes evaluadas. Hernández-Martínez et al. (1999) indican que las flores de ciruela mexicana presentan flores femeninas y masculinas, las femeninas son principalmente las variantes domesticadas donde a pesar de que presentan estambres con anteras, el polen se degenera quedando vacíos los sacos polínicos y las anteras colapsan.

Los lóculos son las cavidades del ovario, donde se encuentran los óvulos (Hernández-Martínez et al., 1999). Se observaron diferencias significativas entre las variantes, alcanzando entre 4.16 y 4.87 lóculos esto debido a que la variación estuvo entre 3 y 5 (datos no mostrados), fue la variante 'Cuernavaqueña' la que tuvo mayor cantidad de lóculos (Figura 8; Cuadro 5). La ciruela mexicana genera óvulos y semillas en preantesis y después de la antesis, las cuales abortan generando frutos partenocarpicos (Avitia-García y Mark-Engleman, 1998).

Finalmente, con relación a los pétalos de las flores, la variante 'Roja' mostró la mayor cantidad de pétalos (Figura 10) sin embargo, estos presentaron menor longitud, mientras que 'Morada' y 'Amarilla' fueron las variantes de menor cantidad de pétalos de dimensiones promedio a baja, y 'Cuernavaqueña' fue la de menor número promedio de pétalos, pero de mayores dimensiones (Cuadro 6; Figura 9). Vargas-Simón et al. (2011) reportan entre 5.2 y 5.7 pétalos en cuatro variantes de ciruela mexicana en Tabasco, México, muy similar a lo encontrado en el presente trabajo. Estos resultados confirman diferencias significativas entre variantes en las dimensiones de los pétalos y el número de anteras y lóculos lo que ayuda a diferenciar los materiales entre si (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Características morfológicas de las flores de cuatro variantes de ciruela mexicana (*Spondias purpurea*)

Variante	Estambres (Núm.)	Lóculos (Num.)	Pétalos (Núm.)	Largo de pétalo (mm)	Ancho de pétalo (mm)
'Roja'	11.04 a	4.49 b	5.45 a	2.53 d	1.57 b
'Morada'	10.59 b	4.16 c	5.15 c	2.69 b	1.51 c
'Amarilla'	10.33 c	4.28 c	5.04 c	2.57 c	1.29 d
'Cuernavaqueña'	10.13 c	4.87 a	5.23 b	3.23 a	1.65 a
DMS	0.25	0.12	0.12	0.03	0.02
C.V	8.66	0.33	8.88	10.19	14.85

<sup>z</sup>: Letras iguales en el sentido de las columnas indican similitud estadística de acuerdo a la prueba de la DMS (0.05).



**Figura 7.** Estambres de flor de la variante 'Roja'



**Figura 8.** Lóculos de flor de la variante 'Cuernavaqueña'



**Figura 9.** Pétalo de flor de la variante 'Cuernavaqueña'



**Figura 10.** Pétalos de la variante 'Roja'

### 4.3. Caracteres del fruto

El mayor peso del fruto se cuantificó en la variante de ciruela mexicana estación húmeda 'Cuernavaqueña', seguida de 'Roja' y 'Morada', y con el menor valor 'Amarilla' (Cuadro 7). Álvarez et al. (2017) y Álvarez et al. (2019) han reportado valores entre 30 y 33.5 g de peso en ciruela de estación húmeda. En ciruelas de estación seca, Maldonado-Astudillo et al. (2023) reporta una ciruela 'Costilluda' de color amarillo con peso de 18.41 g, que supera a la ciruela 'Amarilla' evaluada en este trabajo. Se observó que la ciruela 'Cuernavaqueña' supero entre 2.5 y 3.6 veces el peso comparado con las ciruelas de estación seca 'Roja', 'Morada' y 'Amarilla', estas diferencias se pueden atribuir a las condiciones climáticas de donde crecieron y la diferencias en genotipo; ya que las de estación seca tienen un rápido crecimiento de flor a fruto (90 días) comparadas con las de estación húmeda que tienen un crecimiento más lento de aproximadamente (240 días) (Álvarez-Vargas et al., 2019; Cancino-Labra et al., 2023).

Alia *et al.* (2012) mencionan que el diámetro ecuatorial de los frutos de ciruela mexicana varía entre 1.3 a 4.2 cm y el diámetro polar de estos frutos oscila entre los 2 a 4.6 cm largo; por lo que los valores obtenidos durante esta investigación coinciden con lo anteriormente mencionado, siendo los frutos de la variante 'Cuernavaqueña' los de mayores dimensiones: 4.2 cm de largo y 3.4 cm de ancho; mientras que los frutos de la variante 'Amarilla' fueron los más pequeños con 23.3 cm de largo y 2.3 cm de ancho; mientras que en los frutos de la variante 'Roja' y 'Morada' en cuanto al diámetro ecuatorial no se encontraron diferencias significativas, sin embargo para el diámetro polar los frutos de la variante 'Morada' resultaron ser más altos en comparación a 'Roja' (Figura 11).

**Cuadro 7.** Características físicas de frutos de cuatro variantes de ciruela mexicana

Variante	Peso (g)	D.P (mm)	D.E (mm)	D.P Endocarpo (mm)	D.E Endocarpo (mm)
'Roja'	11.09 b	27.83 c	25.48 b	17.34 c	12.76 c
'Morada'	11.04 b	29.01 b	25.22 b	20.55 b	13.99 b
'Amarilla'	7.66 c	23.32 d	23.31 c	14.12 d	11.49 d
'Cuernavaqueña'	27.89 a	42.03 a	34.30 a	32.84 a	19.77 a
DMSH	0.73	0.80	0.56	0.61	0.45
C.V.	18.30	9.49	7.53	10.38	11.38

y : Cada número representa el promedio de cien observaciones y su desviación estándar. Promedio con letras diferentes en el sentido de las hileras indica diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (0.05). D.P: diámetro Polar, D.E: diámetro Ecuatorial.



**Figura 11.** Diámetro polar en frutos de ciruela mexicana

'Cuernavaqueña' mostró la mayor proporción de mesocarpo o pulpa, 'Morada' tuvo la mayor proporción de cascara o epicarpio y endocarpo (Cuadro 8). La ciruela mexicana se consume principalmente el mesocarpo o pulpa del fruto junto con el exocarpo o epicarpio, aunque en algunas variantes solamente se consume el mesocarpo. 'Cuernavaqueña' y 'Roja' mostraron 75 % de parte comestible (mesocarpo +

exocarpo) seguido de ‘Amarilla’ con 73 % y ‘Morada’ con 68 %, (Cuadro 8). Vargas-Simón et al. (2011) reportan en unas variantes de Tabasco entre 80 y 85 % de porción comestible en ‘Tuxpana’ y entre 78-79 % en variantes criollas.

**Cuadro 8.** Proporciones de las estructuras del fruto de cuatro variantes de ciruela mexicana.

<b>Variante</b>	<b>Proporción de epicarpio (%)</b>	<b>Proporción de mesocarpo (%)</b>	<b>Proporción de endocarpo (%)</b>
<b>‘Roja’</b>	32.25 b	42.87 b	24.86 c
<b>‘Morada’</b>	34.62 a	34.10 c	31.27 a
<b>‘Amarilla’</b>	30.93 b	42.64 b	26.41 b
<b>‘Cuernavaqueña’</b>	25.44 c	49.77 a	24.78 c
<b>DMSH</b>	1.50	1.86	1.27
<b>C.V.</b>	17.53	15.82	17.02

<sup>y</sup>: Cada número representa el promedio de cien observaciones y su desviación estándar. Promedio con letras diferentes en el sentido de las hileras indica diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (0.05).

La firmeza y espesor del epicarpio del fruto fue significativamente mayor en la variante ‘Cuernavaqueña’ comparada con los frutos de ‘Roja’ y ‘Morada’ y aun con valores menores se tuvo a ‘Amarilla’ (Cuadro 9). Se determinó cierta asociación positiva y altamente significativa entre la firmeza y el grosor del epicarpio ( $r=0.45^{***}$ ), lo que sugiere que en parte la firmeza del fruto es afectada por el grosor de la epidermis. Cancino-Labra et al. (2024) al evaluar la firmeza durante la maduración de ‘Roja’, ‘Morada’ y ‘Amarilla’, determinó que la mayor firmeza mostró el siguiente gradiente ‘Morada’>‘Roja’>‘Amarilla’, lo que coincide parcialmente con el presente trabajo.

**Cuadro 9.** Espesor del epicarpio y firmeza de frutos de cuatro variantes de ciruela mexicana

Variante	Espesor de epicarpio (mm)	Firmeza (N)
'Roja'	0.61 b	10.26 c
'Morada'	0.56 b	11.70 b
'Amarilla'	0.46 c	9.48 c
'Cuernavaqueña'	0.84 a	23.47 a
DMSH	0.06	1.43
C.V.	40.39	37.55

<sup>y</sup>: Cada número representa el promedio de cien observaciones y su desviación estándar. Promedio con letras diferentes en el sentido de las hileras indica diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (0.05).

Los parámetros de color indican que las variantes de ciruela mexicana pueden ser separadas claramente por estas características (Cuadro 10). Así, el color de 'Amarilla' fue más luminoso es decir con mayor tendencia al blanco, en tanto que 'Cuernavaqueña' mostro valores intermedios, 'Roja' y 'Morada' mostraron menos luminosidad con valores tendientes al negro (Cuadro 10). Los parámetros de  $a^*$  y  $b^*$  indican que las variantes 'Roja', 'Morada' y 'Cuernavaqueña' tienden más hacia el color rojo ( $+a^*$ ), mientras que la variante 'Amarilla' tiende hacia el color amarillo ( $+b$ ) (Cuadro 9), esto en coordenadas cartesianas. Al transformarlas a coordenadas polares se observa que 'Amarilla' tuvo un color tendiente al amarillo con mayor vividez, mientras que las variantes 'Roja' y 'Morada' tuvieron tendencia al rojo ( $h= 33.3$  y  $42.4$ ) opaco ( $C^*= 30.0$  y  $34.58$ ) y 'Cuernavaqueña' al color naranja ( $h= 58.15$ ) vivido ( $C^*= 51.83$ ) (Cuadro 10, Figura 12).

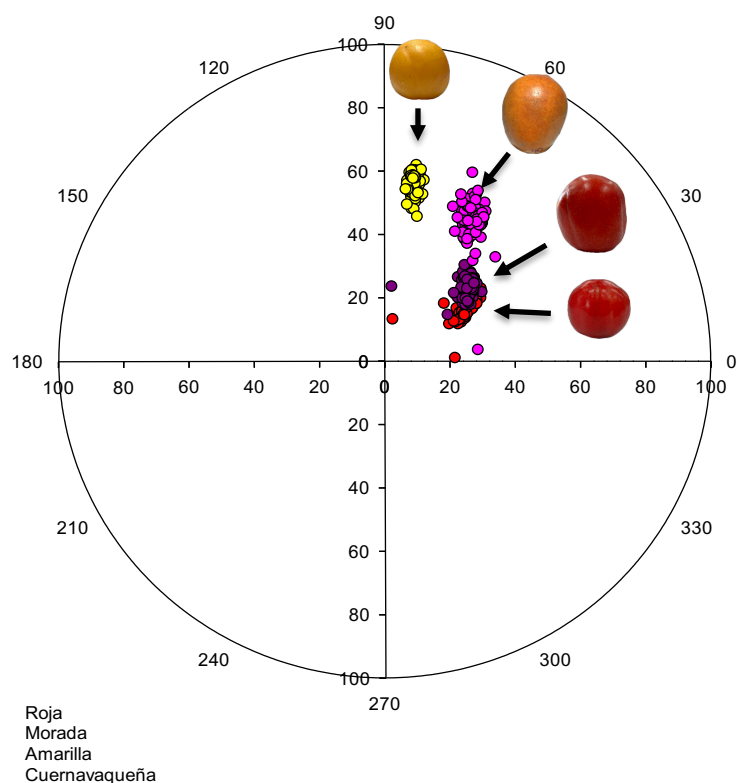
Bautista-Baños et al. (2003) indican que la ciruela mexicana en la etapa de madurez cambiante muestra un color cercano al naranja,  $h= 46.2$ . Por otra parte, Cancino-Labra et al. (2024) reportan que durante la maduración 'Amarilla' mostró los valores mayores de  $L^*$ ,  $C^*$  y  $h$ , en tanto que 'Morada' y 'Roja' se diferencian solo en  $h$ , es decir  $L^*$  y  $C^*$  son similares; el color de 'Roja' en madurez de consumo se definió por  $h= 22-24$ ) en tanto que 'Morada' alcanzo valores de  $h=26$ , mientras que 'Amarilla' mostró valores entre 65-70. Los valores reportados en el presente trabajo difieren de lo reportado en

la literatura, probablemente porque el color o los pigmentos que definen el color son afectados por condiciones climáticas y manejo agronómico.

**Cuadro 10.** Parámetros de color en frutos de cuatro variantes de ciruela mexicana

Variante	L*	a*	b*	C*	h
'Roja'	35.61 d	24.99 b	16.48 d	30.06 d	33.37 d
'Morada'	41.64 c	25.41 b	23.24 c	34.58 c	42.41 c
'Amarilla'	64.36 a	8.94 c	56.10 a	56.82 a	80.92 a
'Cuernavaqueña'	50.98 b	26.74 a	44.17 b	51.83 b	58.41 b
DMSH	0.93	0.60	0.33	0.99	1.47
C.V	6.98	11.01	8.10	8.27	9.88

<sup>y</sup>: Cada número representa el promedio de cien observaciones y su desviación estándar. Promedio con letras diferentes en el sentido de las hileras indica diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (0.05).



**Figura 12.** Circulo cromático del color de cuatro variantes de ciruela mexicana

La mayor acidez titulable fue en las ciruelas 'Roja' y 'Morada', con valores intermedios estuvo la ciruela 'Amarilla' y con la menor acidez 'Cuernavaqueña' (Cuadro 11). Cancino-Labra et al. (2024) reportan que en ciruela 'Roja' la acidez titulable en madurez de consumo fue de 0.74 %, en 'Morada' de 1.00 % y en 'Amarilla' de 0.42 %, valores menores que los encontrados en el presente trabajo. Por su parte, Álvarez et al. (2019) indica que en madurez de consumo la ciruela 'Cuernavaqueña' muestra valores de 0.21 % en acidez titulable. La variación en el contenido de la acidez titulable puede atribuirse a las diferencias climáticas entre los diferentes evaluaciones. En uva se ha reportado que el incremento en la temperatura durante el desarrollo de la planta disminuye el contenido de ácido málico, temperaturas mayores del intervalo 20-25 °C en promedio disminuyen la cantidad de este ácido orgánico (Plantevin et al., 2024)

Los sólidos solubles totales en 'Morada' y 'Cuernavaqueña' mostraron los valores mayores, seguidos de 'Morada' y 'Amarilla' (Cuadro 11). Cancino-Labra et al. (2024) indicaron que en la madurez de consumo la ciruela 'Roja' alcanza entre 16 y 18.9 °Brix, 'Morada' 18 % y 'Amarilla' entre 13 y 14 °Brix. Álvarez-Vargas et al. (2017) mencionan que en 53 muestras de ciruela de estación húmeda los valores estuvieron en promedio en 20.4 °Brix. La acidez y los sólidos solubles son afectados por las condiciones climáticas y manejo agronómico, pero los valores encontrados en el presente trabajo son cercanos o similares a lo reportado por la literatura.

El índice de sabor distinguió claramente las cuatro variantes, así el gradiente de este parámetro fue 'Cuernavaqueña' > 'Amarilla' > 'Morada' > 'Roja' (Cuadro 10). Cancino-Labra et al. (2024) y Álvarez-Vargas et al. (2019) indican que el índice de sabor de 'Cuernavaqueña' es 97, 'Amarilla' 32-40, 'Morada' 13.8-15.9 y 'Roja' 16.8-18.2, lo cual hace que el gradiente sea similar a lo encontrado en el presente trabajo. El índice de sabor se utiliza en algunas frutas para determinar que tan dulce o amargas son, así si los valores son bajos, indica que son tendientes al sabor amargo. Se sugiere que valores mayores de 20 en cítricos ya no es adecuado debido a que el sabor es demasiado dulce o plano, atribuido a un bajo contenido de acidez en relación con los sólidos solubles totales, sin embargo es necesario observar el contenido de sólidos solubles para poder definir qué tan sabrosos son los frutos a pesar que sean valores altos de índice de sabor (Ladaniya, 2023).

**Cuadro 11.** Acidez titulable, sólidos solubles e índice de sabor de cuatro variantes de ciruela mexicana

<b>Variante</b>	<b>Acidez titulable (AT) (%)</b>	<b>Sólidos solubles totales (SST) (°Brix)</b>	<b>Índice de sabor (AT/SST)</b>
<b>‘Roja’</b>	1.29 a	16.77 c	12.97 d
<b>‘Morada’</b>	1.19 b	20.02 a	16.81 c
<b>‘Amarilla’</b>	0.83 c	16.90 c	20.47 b
<b>‘Cuernavaqueña’</b>	0.61 d	18.98 b	31.21 a
<b>DMSH</b>	0.08	0.95	1.37
<b>C.V.</b>	9.60	5.80	7.41

<sup>y</sup>: Cada número representa el promedio de cien observaciones y su desviación estándar. Promedio con letras diferentes en el sentido de las hileras indica diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (0.05).

Los compuestos fenólicos fueron mayores en ‘Morada’ y ‘Roja’ en 2.6 y 2.7 veces más que ‘Cuernavaqueña’ y ‘Amarilla’. Cancino-Labra et al. (2024) reporta valores cercanos a 70 mg EAG 100g<sup>-1</sup> en ‘Roja’ y ‘Morada’, mientras que en ‘Amarilla’ se mantuvo cercano a 20 mg EAG 100g<sup>-1</sup>, lo cual es mucho menor que lo encontrado en el presente trabajo, probablemente porque en las muestras de Cancino-Labra et al. (2024) se usó solo el mesocarpo y en este experimento se utilizó una mezcla de pulpa y epicarpio.

En la actividad antioxidante claramente se observa que ‘Roja’ y ‘Morada’ mostraron los valores mayores en ABTS-FRAP y DPPH, respectivamente (Cuadro 12). ‘Amarilla’ y ‘cuernavaqueña’ mostraron los valores menores de actividad antioxidante. Cancino-Labra et al. (2024) indican que ‘Morada’ y ‘Roja’ mostraron los valores mayores en actividad antioxidante, coincidiendo con los resultados de este trabajo. La mayor actividad antioxidante se puede atribuir a la mayor concentración de compuestos fenólicos y flavonoides, ya que se determinaron correlaciones perfectas positivas y altamente significativas de ABTS vs Compuestos fenólicos ( $r=0.97^{**}$ ), DPPH vs compuestos fenólicos o flavonoides ( $r=0.97-0.99^*$ ) y FRAP vs flavonoides ( $r=0.97$ ) (Cuadro 12).

**Cuadro 12.** Actividad antioxidante de cuatro variantes de ciruela mexicana

<b>Variante</b>	<b>ABTS</b> (mg EAA 100g <sup>-1</sup> )	<b>DPPH</b> (mg EAA 100g <sup>-1</sup> )	<b>FRAP</b> (mg EAA 100g <sup>-1</sup> )	<b>Compuestos fenólicos</b> (mg EAG 100g <sup>-1</sup> )
<b>'Roja'</b>	971.40 a	587.05 a	3477 a	313.17 a
<b>'Morada'</b>	873.60 b	518.69 b	2293.2 b	325.20 a
<b>'Amarilla'</b>	353.91 c	170.14 c	479.8 c	119.95 b
<b>'Cuernavaqueña'</b>	263.91 d	129.64 c	361.7 c	121.11b
<b>DMSH</b>	52.28	64.42	566.76	26.68
<b>C.V.</b>	9.36	20.21	37.80	13.38

<sup>y</sup>: Cada número representa el promedio de cien observaciones y su desviación estándar. Promedio con letras diferentes en el sentido de las hileras indica diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (0.05).

Las variantes que presentaron mayor cantidad de carotenoides tanto en el epicarpio, como en el mesocarpio fueron 'Amarilla' y 'Cuernavaqueña' con valores de 41.93 y 41.83 mg g<sup>-1</sup> de peso fresco respectivamente (Cuadro 13); el contenido de carotenoides totales fue entre 2.5 y 3.7 veces mayor en la epidermis que en la pulpa (Álvarez-Vargas et al., 2017). Diversos autores atribuyen a estos compuestos propiedades antioxidantes; los carotenoides son pigmentos que brindan la pigmentación en la epidermis y el mesocarpio de los frutos, estos aportan las tonalidades de diversos amarillos y naranjas. En el presente trabajo se determinó que la actividad antioxidante determinada por ABTS y FRAP tuvieron una correlación perfecta negativa y altamente significativa con los carotenoides, es decir a mayor contenido de carotenoides menor actividad antioxidante de ABTS y FRAP, también se determinó correlación perfecta negativa y altamente significativa entre carotenoides y compuestos fenólicos o flavonoides ( $r=-0.94^*$  a  $-1.0^{***}$ ) (Cuadro 13). Los resultados indican que las actividades antioxidantes, flavonoides y compuestos no se relacionan con los carotenoides.

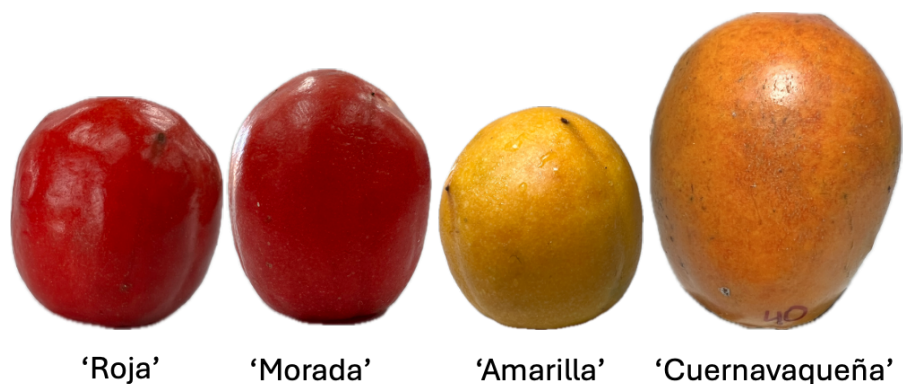
**Cuadro 13.** Moléculas funcionales de cuatro variantes de ciruela mexicana (*Spondias purpurea*)

<b>Variante</b>	<b>Flavonoides (mg EQ 100g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Carotenoides (µg g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Antocianinas (mg EC3G g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Azúcares (g 100g<sup>-1</sup>)</b>
<b>‘Roja’</b>	40.03 a	25.88 c	13.07 a	13.56 b
<b>‘Morada’</b>	36.83 a	33.78 b	2.93 b	16.45 b
<b>‘Amarilla’</b>	27.77 b	41.93 a	0.00 c	13.79 b
<b>‘Cuernavaqueña’</b>	23.79 b	41.83 a	0.27 c	24.44 a
<b>DMSH</b>	5.39	6.47	0.74	4.14
<b>C.V.</b>	18.52	19.91	20.08	26.76

<sup>y</sup>: Cada número representa el promedio de cien observaciones y su desviación estándar. Promedio con letras diferentes en el sentido de las hileras indica diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (0.05).

Las antocianinas fueron detectadas en ‘Roja’ y ‘Morada’ y en una menor proporción en ‘Cuernavaqueña’ (Cuadro 13). En ‘Amarilla’ no se detectaron antocianinas (Cuadro 13). El color verde, naranja y amarillo del epicarpio de la fruta de ciruela mexicana se atribuye principalmente a pigmentos como carotenoides, antocianinas y clorofilas (Ferrer et al., 2022). Sollano-Mendieta et al. (2021) reportan entre 2 y 14.9 mg equivalentes de cianidina 3 glucósido en 9 variantes de ciruela mexicana en Guerrero, México.

Los azúcares fueron significativamente en mayor concentración en los frutos de la variante ‘Cuernavaqueña’ que es de estación húmeda que en las variantes de estación seca ‘Roja’, ‘Morada’ y ‘Amarilla’ (Cuadro 13). La variante ‘Cuernavaqueña’ supero entre 32.7 y 44.5 % la concentración de azúcares. Álvarez et al. (2017) al realizar una colecta de ciruela mexicana de estación húmeda y seca determinó que las ciruelas de estación húmeda mostraron contenido de sólidos solubles totales de 20.4 % en tanto que las ciruelas de estación seca estuvieron entre 11.5 y 13.4 %. Álvarez et al. (2019) reportan que en madurez fisiológica o en la cosecha las ciruelas de estación húmeda alcanzan hasta 7.9 % de azúcares totales y Maldonado-Astudillo et al. (2014) indican que después de la cosecha y madurar alcanzan entre 17.6 y 18.2 %. Lo anterior indica que las ciruelas de estación húmeda son las que mayor contenido tienen en la madurez de consumo y es el resultado de la interacción con el medio ambiente donde se desarrolla y el genotipo.



**Figura 13.** Frutos de tres variantes de ciruela de estación seca 'Roja', 'Morada', 'Amarilla' y una variante de estación húmeda 'Cuernavaqueña'.

#### 4.4. Caracteres de la hoja

Se observaron diferencias entre el contenido de clorofilas a, b y totales en las hojas de las variantes evaluadas de ciruela mexicana, así 'Amarilla' mostró los valores mayores seguida de 'Roja' y 'Morada', y con menor contenido 'Cuernavaqueña' (Cuadro 14). Pimienta-Barrios y Ramírez-Hernández (2003) reportan que en ciruela mexicana de estación seca la concentración de clorofila total disminuye cuando la radiación se incrementa, de  $5 \mu\text{g mL}^{-1}$  en  $1501\text{-}2000 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  flujo de fotones tofosintético (FFF) a  $12 \mu\text{g mL}^{-1}$  en  $0\text{-}500 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . El contenido de clorofila mayor en 'Amarilla' sugiere una mayor capacidad fotosintética y mejor contenido nutricional que puede derivar en una mayor productividad.

El contenido de carotenoides mostró mayor concentración en las variantes de estación seca comparada con las de estación húmeda, donde 'Roja' y 'Amarilla' mostraron entre 7 y 8 % más concentración que 'Morada' y entre 37 y 38 % más que 'Cuernavaqueña' (Cuadro 14). Los carotenoides en las hojas funcionan como

cosechadores accesorios de luz y para evitar la oxidación por exceso de intensidad luminosa (Taiz et al., 2023). Los carotenoides mostraron una correlación fuerte positiva y altamente significativa con la clorofila a ( $r= 0.94^*$ ) y la clorofila total ( $r= 0.97^*$ ), atribuida a la asociación de estas moléculas en el proceso de fotosíntesis (Taiz et al., 2023).

En la evaluación de las unidades SPAD se observó que ‘Roja’ y ‘Cuernavaqueña’ tuvieron los valores mayores comparados con ‘Morada’ y ‘Amarilla’ (Cuadro 14). No se detectó una correlación entre las clorofilas y unidades SPAD, en otros cultivos se ha reportado que las unidades SPAD son un buen parámetro indirecto para determinar la concentración de las clorofilas y a la vez correlacionarlos con el estatus nutrimental y productividad del cultivo, esto último aún falta validarlo en ciruela mexicana, pero en otros cultivos frutales ya se ha dilucidado (Huang et al., 2024).

**Cuadro 14.** Características de pigmentos en cuatro variantes de ciruela Mexicana

<b>Variante</b>	<b>Clorofila a (mg g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Clorofila b (mg g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Clorofila total (mg g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Carotenoides totales (mg g<sup>-1</sup>)</b>	<b>SPAD</b>
<b>‘Roja’</b>	1.12 a	0.35 b	1.47 ab	602.16 a	50.22 a
<b>‘Morada’</b>	1.03 b	0.34 b	1.38 b	555.19 b	46.74 c
<b>‘Amarilla’</b>	1.05 ab	0.45 a	1.50 a	592.13 ab	48.30 b
<b>‘Cuernavaqueña’</b>	0.90 c	0.29 c	1.20 c	375.17 c	50.73 a
<b>DMSH</b>	0.06	0.03	0.09	44.05	1.45
<b>C.V.</b>	20.04	33.16	20.53	25.80	9.23

<sup>y</sup>: Cada número representa el promedio de cien observaciones y su desviación estándar. Promedio con letras diferentes en el sentido de las hileras indica diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (0.05).

La variante ‘Cuernavaqueña’ de estación húmeda mostró mayor área foliar específica y peso fresco, sugiriendo hojas más extensas por unidad de biomasa y con mayor eficiencia en la captación de luz (Cuadro 14). Las variantes de estación seca ‘Roja’ y ‘Morada’ mostraron 37 % mayor área foliar y peso seco comparada con amarilla, sin embargo, el área específica fue similar entre ellas, sugiriendo que son plantas más compactas y robustas, aptas para climas más áridos y su vida del follaje es mayor (Cuadro 15). Se ha reportado que árboles de pera con mayor área foliar y área específica tienen un rendimiento y calidad del fruto mayor (Zhang et al., 2024),

esto se corrobora parcialmente al determinar una correlación fuerte positiva y significativa entre el área específica vs peso del fruto ( $r=0.96^*$ ) en las variantes de las ciruelas mexicanas evaluadas (Cuadro 7 y 15).

**Cuadro 15.** Características de masa y área foliar de hojas en cuatro variantes de ciruela mexicana

<b>Variedad</b>	<b>Área foliar (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Peso fresco (g)</b>	<b>Peso seco (g)</b>	<b>Área específica (g cm<sup>-2</sup>)</b>
<b>‘Roja’</b>	106.37 a	3.36 b	0.80 ab	134.32 b
<b>‘Morada’</b>	101.01a	3.18 b	0.85 a	128.82 b
<b>‘Amarilla’</b>	66.95 b	1.87 c	0.54 c	125.27 b
<b>‘Cuernavaqueña’</b>	107.63 a	3.73 a	0.76 b	147.24 a
<b>DMSH</b>	6.65	0.33	0.06	12.38
<b>C.V.</b>	21.68	25.79	28.10	28.77

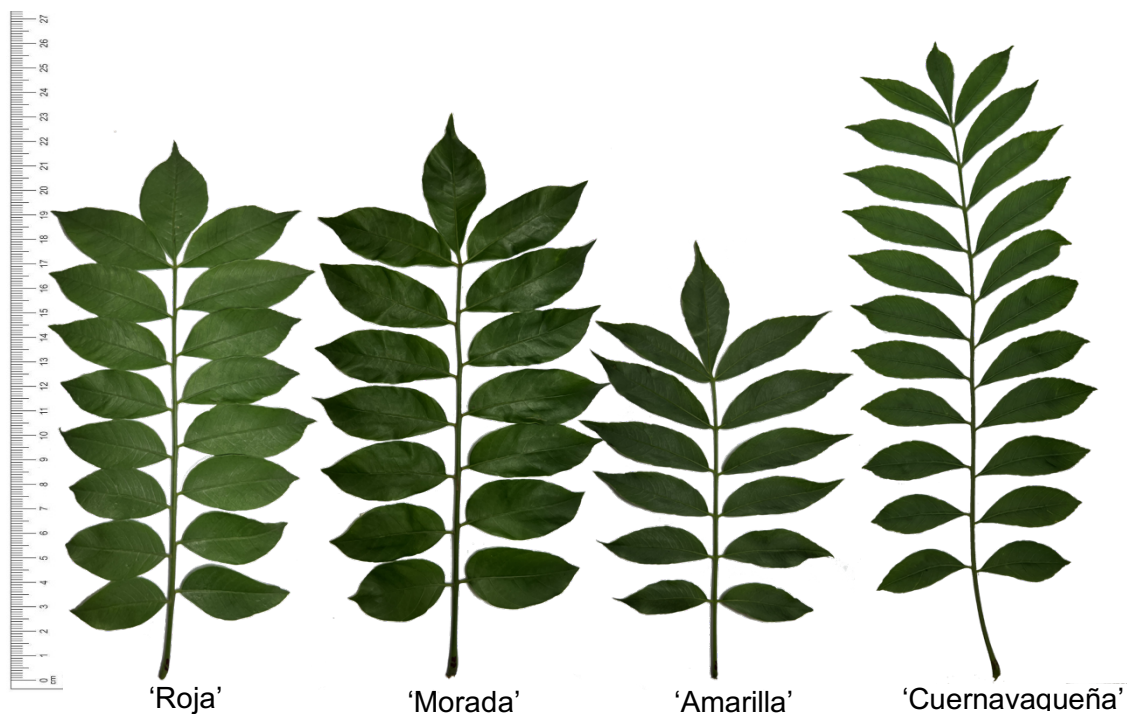
<sup>y</sup>: Cada número representa el promedio de cien observaciones y su desviación estándar. Promedio con letras diferentes en el sentido de las hileras indica diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (0.05).

Las variantes de ciruela mexicana se pudieron diferenciar por las dimensiones (largo y ancho) y número de hojas, así ‘Cuernavaqueña’ mostró significativamente las mayores dimensiones y número de folíolos seguida de ‘Morada’ y ‘Roja’ y finalmente ‘Amarilla’ (Cuadro 16). Estos resultados ayudan a diferenciar a las diferentes variantes de ciruela mexicana evaluadas, así ‘Cuernavaqueña’ claramente sobresale probablemente por las condiciones climáticas donde se desarrolla donde que son de mayor nubosidad y mayor presencia de agua disponible, en cambio en las variantes de estación seca ‘Roja’, ‘Morada’ y ‘Amarilla’, muestran menor tamaño de las hojas y número de folíolos por que se desarrollan en condiciones de mayor intensidad luminosa y menor provisión de agua, aun entre las variantes de estación seca la variante ‘Amarilla’ mostro los valores menores de las dimensiones de hoja y número de folíolos, sugiriendo mayor adaptación a condiciones más extremas (Figura 14 y 15).

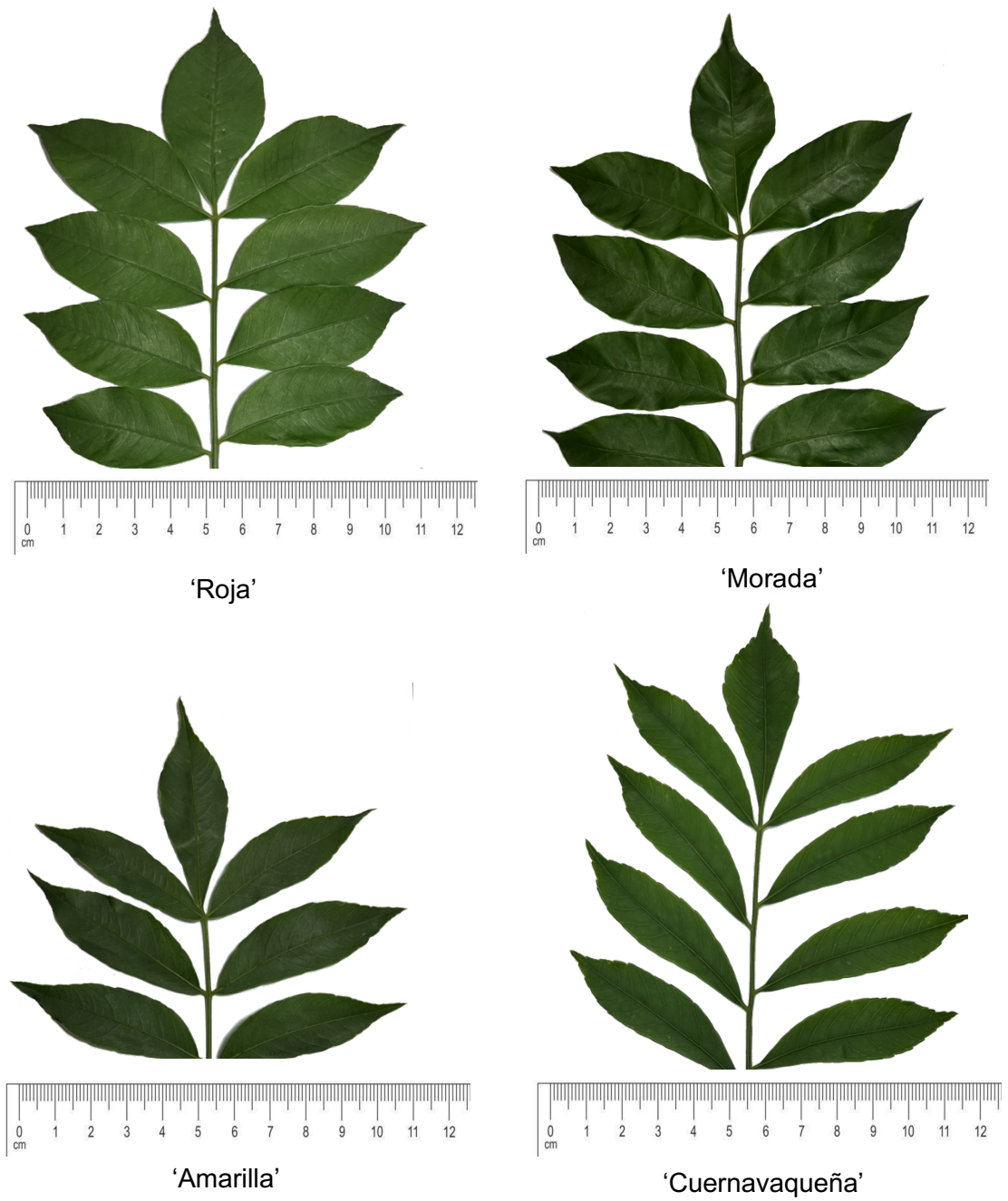
**Cuadro 16.** Características morfológicas en hojas de cuatro variantes de ciruela mexicana.

Variedad	Largo (cm)	Ancho (cm)	Número de folíolos
'Roja'	22.63 c <sup>y</sup>	10.15 c	15.66 b
'Morada'	23.90 b	10.82 b	15.50 b
'Amarilla'	18.80 d	11.02 b	12.25 c
'Cuernavaqueña'	<b>26.98 a</b>	<b>11.75 a</b>	<b>19.44 a</b>
DMSH	1.26	0.47	0.75
C.V.	12.98	13.54	14.94

<sup>y</sup>: Cada número representa el promedio de cien observaciones y su desviación estándar. Promedio con letras diferentes en el sentido de las hileras indica diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (0.05).



**Figura 14.** Altura de hojas de cuatro variantes de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.)



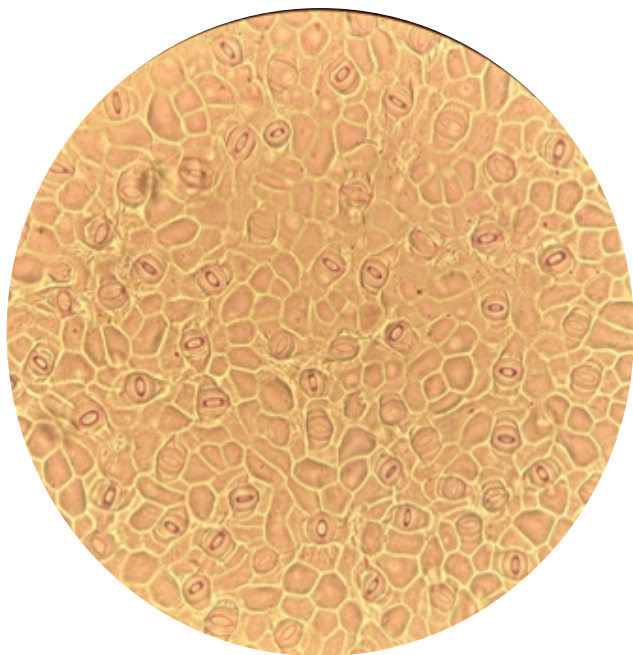
**Figura 15.** Ancho de hojas de cuatro variantes de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.)

La variante ‘Amarilla’ mostró la mayor cantidad de estomas, superando en 5%, 25 % y 47 % a las variantes ‘Morada’, ‘Roja y ‘Cuernavaqueña’ (Cuadro 17). Pimienta-Barrios y Ramírez-Hernández (2003) determinaron que los estomas en ciruela mexicana varían en dependencia de la intensidad luminosa a la que están expuestas las hojas, es decir hojas bajo un flujo de fotones fotosintéticos entre 0-700  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  mostraron 622 estomas por  $\text{mm}^2$ , cuando el flujo fue entre 701-1400  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  se cuantificaron 518 estomas por  $\text{mm}^2$  y finalmente cuando se tuvo un flujo entre 1401-2000  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  el número de estomas fue de 576 por  $\text{mm}^2$ . En la región se reportan en el año entre 1110 y 1256  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  durante el desarrollo de la hoja (Cancino-Labra et al., 2023) que es cuando se tomaron las muestras de las ciruelas de estación seca y los valores son similares a los reportados en la literatura. Es de observar que ‘Cuernavaqueña’ tuvo menos del 50 % de estomas que las de estación seca, lo que probablemente esté relacionado con la eficiencia fotosintética de las hojas.

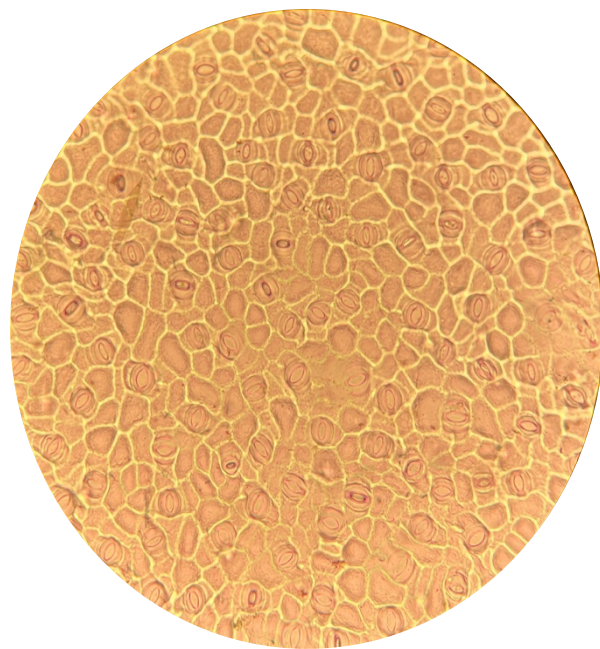
**Cuadro 17. Número de estomas en hojas de cuatro variantes de ciruela mexicana**

Variante	Estomas (Número $\text{mm}^{-2}$ )
‘Roja’	420.41 c <sup>y</sup>
‘Morada’	528.10 b
‘Amarilla’	554.26 a
‘Cuernavaqueña’	297.60 d
DMSH	9.13
C.V.	14.16

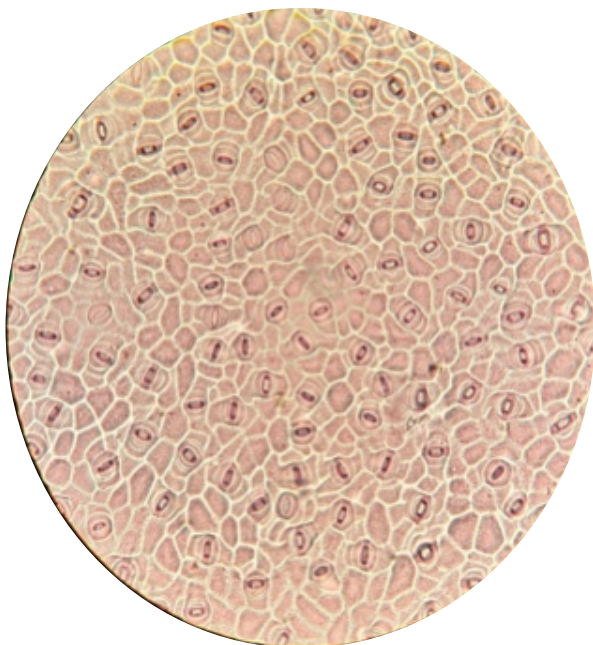
<sup>y</sup>: Cada número representa el promedio de cien observaciones y su desviación estándar. Promedio con letras diferentes en el sentido de las hileras indica diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey (0.05).



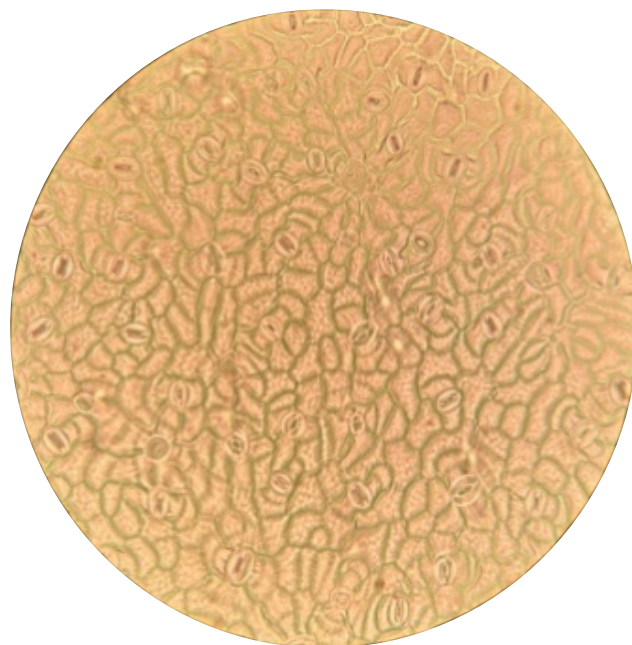
'Roja'



'Morada'



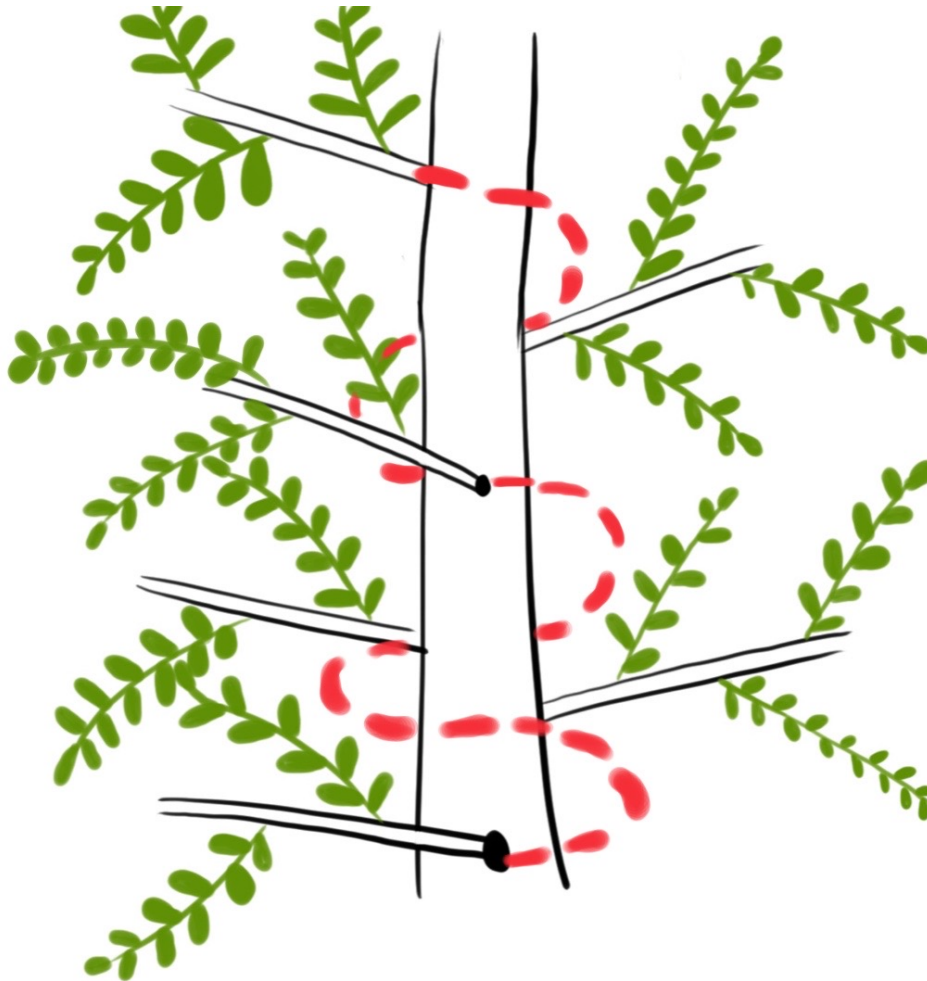
'Amarilla'



'Cuernavaqueña'

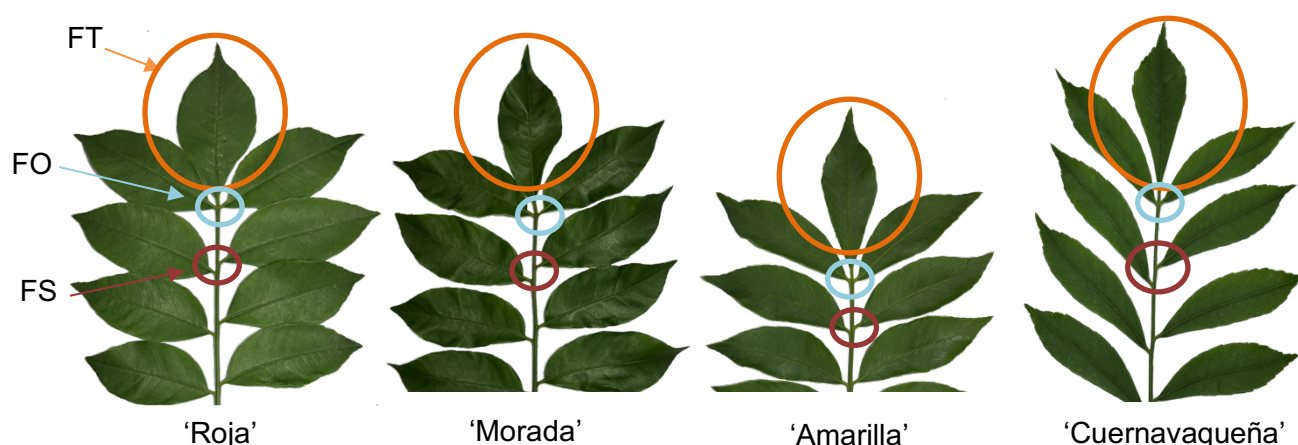
**Figura 16.** Estomas en hojas de cuatro variantes de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.)

Las hojas de ciruela mexicana tanto de estación seca como húmeda están dispuestas de forma “alterna – helicoidal” (Figura 17), es decir, que las hojas se encuentran distribuidas en forma de espiral a lo largo de una rama secundaria; las hojas, de acuerdo con Ellis Beth *et al.* (2009) resultan ser pinnadas compuestas ya que estas constan de más de dos folíolos.



**Figura 17.** Forma alterna helicoidal de hojas de ciruela.

La hoja de *Spondias purpurea* L. de acuerdo a los términos establecidos por Ellis Beth *et al.* (2009) coincide con el termino “Imparipinnada compuesta” ya que las cuatro variantes de ciruela mexicana resultarían tener un solo foliolo terminal, de la misma manera, para las cuatro variantes los dos foliolos siguientes resultan ser opuestos, mientras que los foliolos siguientes se encuentran a lo largo del raquis distribuidos en forma “subopuestos” es decir que los foliolos se encuentran en pares casi opuestos, pero que no salen del mismo nudo (Figura 18).



**Figura 18.** Posición de foliolos en hojas de cuatro variantes de ciruela mexicana. FT: Foliolo terminal, FO: Foliolos opuestos, FS: Foliolos subopuestos.

El foliolo principal en las cuatro variantes presenta un apice “acuminado” esto quiere decir que la porción distal del ápice tiende a estrecharse abruptamente, formándose unos “hombros” en la hoja (Figura 18).

La variante ‘Roja’ cuenta con ápices rectos, es decir que no tienen curvaturas significativas, mientras que los primeros dos pares de foliolos cuentan con ápices acuminados. Los bordes, también conocidos como márgenes de la lámina o foliolos, en tres cuartas partes de estos, se observan que son crenados, ya que se forman ligeras curvas y en el último cuarto de la hoja (la parte apical) el borde se vuelve aserrado (Figura 19). Los foliolos son sésiles, ya que se encuentran directamente unidos al raquis; su base podría clasificarse como palada central, ya que estos se

sostienen cerca de donde está el centro de la lámina; son ovados y a su vez asimétricos y no lobulados, ya que carece de estos (Figura 19).

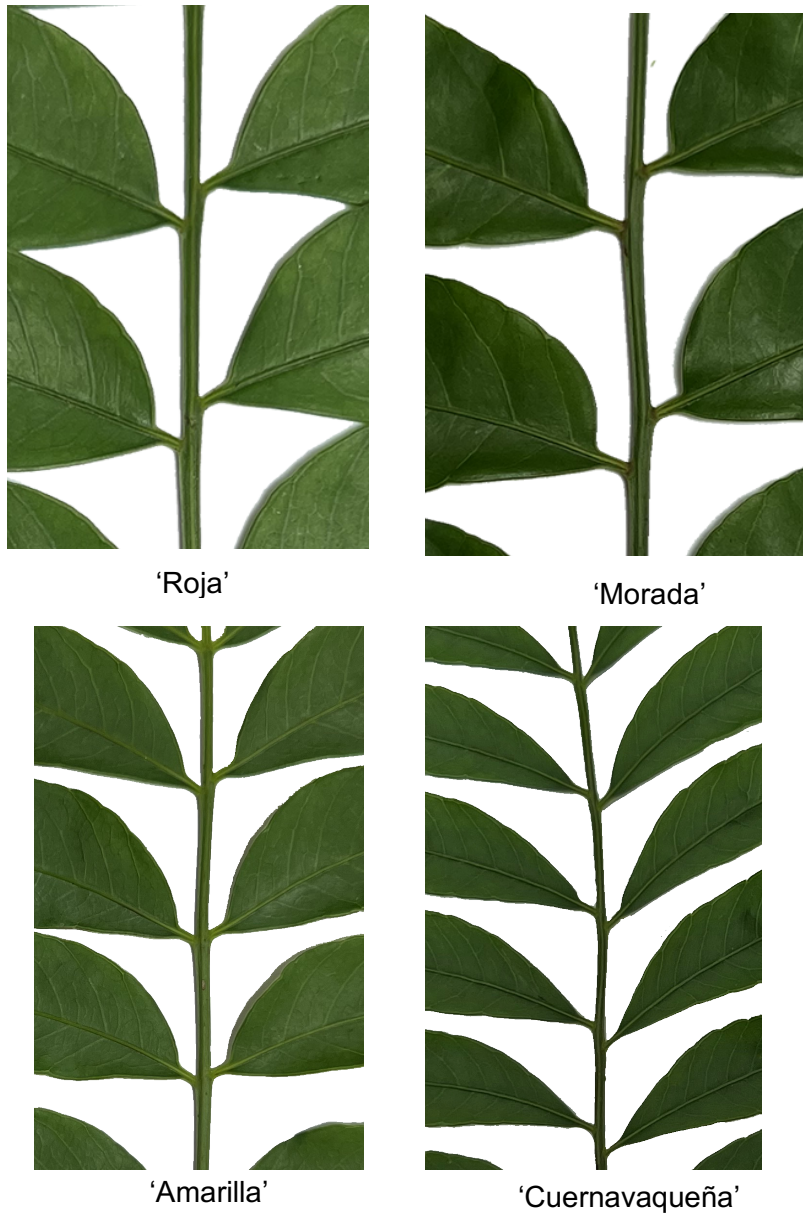


**Figura 19.** Foliolos de hojas de cuatro variantes de ciruela mexicana.

Las hojas de la variante 'Morada' en su mayoría presentan foliolos con ápices acuminados, los márgenes de los foliolos son crenados desde la base hasta el ápice; los ápices de los foliolos son acuminados; son sésiles, tiene una base palada central, son foliolos ovados, asimétricos y no lobulados.

Los foliolos de la variante 'Amarilla' presentan ápices acuminados, con bordes crenados hasta dos tercios del foliolo, el restante del foliolo, la parte apical, resultarían ser aserrados; son sésiles, son ovados, su base resulto ser palada central; son asimétricos a excepción del foliolo principal, que es simétrico, además de tener foliolos no lobulados. 'Cuernavaqueña' presenta foliolos con ápices rectos, sésiles, ovados, con base palada central, son asimétricos, sus bordes son crenados, son foliolos no lobulados. Para las cuatro variantes, el ultimo par de foliolos son los más pequeños

de la hoja. Los folíolos de la variante amarilla son más alargados en comparación a las otras tres variantes y los folíolos de la parte apical de la variante 'Cuernavaqueña' son de menor tamaño y van incrementando hasta la parte media, terminando en un par de folíolos pequeños.



**Figura 20.** Folíolos sésiles en hojas de cuatro variantes de ciruela mexicana.

## **5. Conclusiones**

Con las variables de aspectos físicos, fisiológicos, y bioquímicos determinados, se diferenciaron claramente las cuatro variantes de ciruela mexicana: 'Roja', 'Morada', 'Amarilla' y 'Cuernavaqueña'. Por lo que se sugiere que probablemente puedan utilizarse para diferenciar de otras variantes, así mismo servirán de apoyo para su manejo agronómico y posterior registro.

## 6. Literatura citada

- Alia, I., Astudillo, Y., Núñez, C., Valdez, L., Bautista, S., García, E., y Rivera, F. 2012. Caracterización de fruto de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) del sur de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35 (Número especial 5): 21-26.
- Alia-Tejacal, I., Pelayo-Zaldívar, C., Álvarez-Vargas, J.E., Palacios-Sosa, A.M., Pérez, A.G.A. 2021. Physiological characteristics and postharvest quality in two ecotypes of Mexican plum (*Spondias purpurea* L.). *Acta Horticulturae*, 1340: 87-92. DOI: 10.17660/ActaHortic.2022.1340.13
- Álvarez-Vargas, J.E., Alia-Tejacal, I., Chávez-Franco, S. H., Colinas-León, M. T., Nieto-Ángel, D., Rivera-Cabrera, F. and Aguilar-Pérez, L. A. 2017. Ciruelas mexicanas (*Spondias purpurea* L.) de clima húmedo y seco: calidad, metabolitos funcionales y actividad antioxidante. *Interciencia*, 42(10): 653-660.
- Álvarez-Vargas, J.E., Alia-Tejacal, I., Chávez-Franco, S.H., Colinas-León, M.T., Rivera- Cabrera, F., Nieto-Ángel, D., Cruz, L.A., Aguilar, P. L.A., Pelayo, Z. C. 2019. Phenological stages and fruit development in the mexican plum ecotype 'Cuernavaqueña' (*Spondias purpurea* L.) *Fruits*, 74(4): 194-200.
- Álvarez-Vargas, J.E., Alia-Tejacal, I., Pelayo-Zaldívar, C., Villarreal -Fuentes, J.M., Jiménez- Zurita, J.O., López, Blancas, E. 2022. Diversity of the harvest quality of *Spondias purpurea* (L.) fruit. *Acta Horticulturae*, 1340: 81-86. DOI 10.17660/Ram/ActaHortic.2022.1340.12.
- Arvouet-Grand, A., Vennat, B., Pourrat, A., Legret, P. 1994. Standardisation dun extrait de propolis et identification des principaux constituents. *J. Pharmacie Belgique*, 49(6), 462-468.
- Avitia, G.E., Castillo, G.A.M., Pimienta, B.E. 2003. Ciruela Mexicana y Otras Especies Del Genero *Spondias* L. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México, México, 75 p.
- Avitia-García, E., Mark-Engleman, E. 1998. Aborto de óvulos y semillas en una población de *Spondias purpurea* L. (Anacardiaceae). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 4(2): 101-107.

- 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.
- 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.
- Buckingham, A. 2010. Grow fruit. Dorling Kindersley, London, England.
- Cancino-Labra, S., Alia-Tejacal, I., López-Martínez, V., Juárez-López, P. 2023 b. Fruit growth in three ecotypes of dry season *Spondias purpurea* L. *Acta Universitaria* 33: e378. doi: 10.15174.au.2023.3768.
- Cancino-Labra, S., Alia-Tejacal, I., Pérez-Arias, G.A., Villarreal-Fuentes, J.M. 2023 a. Phenophase description in dry season *Spondias purpurea* L. using a modified version of the BBCH scale. *Scientia Horticulturae* 318: 112086. DOI: 10.1016/j.scientia.2023.112086.
- Cancino-Labra, S., Alia-Tejacal, I., Pérez-Arias, G.A., Terán-Erazo, B., Pelayo-Zaldívar, C. 2024. Fruit quality and postharvest physiology in three variants of dry-season *Spondias purpurea* L. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 30(3): 3-19. Doi: 10.5154/r.rchsh.2023.07.006.
- Ellis, B., Daly, D.C., Hickey, L.J., Johnson, K.R., Mitchell, J.D., Wilf, P., Wing, S.L. 2009. Manual of leaf architecture. The New York Botanical Garden Press. New York, USA. 190 p.
- Ferrer, M. M., Ruenes-Morales, M del R., Montañez-Escalante, P. I., Estrada-Medina, H. 2022. Mexican plum (*Spondias purpurea* L.). In: Handbook of phytonutrients in indigenous fruits and vegetables, Sivakumar, D., Sultanbawa, Y., Netzel, M. (eds.). pp: 405-420. CABI: UK.
- Fortuny-Fernández, N.M., Monserrat, M. F. Ruenes-Morales, M. del R. 2017. Centro de origen, domesticación y diversidad genética de la ciruela mexicana, *Spondias purpurea* (Anacardiaceae). *Acta Botánica Mexicana*, 121: 7-38 doi: 10.21829/abm121.2017.1289.
- García, E. 1987. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM.

- García, F.A., Ruenes, M. M. del R., Valle, M. R., Román, M. de Oca E. 2022. Ciruela mexicana: de Mesoamérica para el mundo. *Inventio*, 44: 1-13. DOI: 10.30973/inventio/2022.18.44/1
- García-González, M., Alia-Tejacal, I., Rivera-Cabrera, F., Díaz de León-Sánchez, F., López- Martínez, V., Pérez-Flores, L.J., Pelayo-Zaldívar, C. 2016. Refrigeración de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) 'Cuernavaqueña'. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 2(2): 27-33.
- Hernández-Martínez, A., Avitia-García, E., Castillo-González, A.M. 1999. Desarrollo floral en ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5(1): 45-49.
- Huang, Y., Li, D., Liu, X., Ren, Z. 2024. Monitoring canopy SPAD based UAV and multispectral imaging over fruit tree growth stages and species. *Frontiers in Plant Science*, 15: 1435613. Doi: 10.3389/flps.2024.1435613
- Ladaniya, M. 2023. Citrus fruit. Biology, Technology and Evaluation. Elsevier-Academic Press. United Kingdom.
- Maldonado, A. Y.I., Alia, T. I., Núñez-Colín, C.A., Jiménez, H. J., López, M. V. 2017. Chemical and phenotypic diversity of mexican plums (*Spondias purpurea* L.) from the states of Guerrero and Morelos, Mexico. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(2): e-610. DOI: 10.1590/0100-29452017610.
- Maldonado-Astudillo, Y.I., Alia-Tejacal, I., Jiménez-Hernández, J., Núñez-Colín, C.A. 2023. Postharvest quality and physiological changes in five ecotypes of *Spondias purpurea* L. harvested at three distinct maturity stages. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 45: e-607. Doi:10.1590/0100 -29452023607
- Maldonado-Astudillo, Y. I., Alia-Tejacal, I., Núñez-Colín, C.A., 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.

Morton, J. 2013. Purple Mombin. In: Fruits of Warm Climate, Morton, J. (ed.), pp: 242-245, Echo Point Books & Media: USA.

Plantevin, M.m Merpault, Y., Lecourt, J., Destruct-Irvine, A., Dijkstra, L., van Leeuwen, C. 2024. Characterization of varietal effects on the acidity and pH of grape berries for selection of varieties better adapted to climate change. *Frontiers in Plant Science* 15: 1439114. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1439114>

Pimienta-Barrios, E., Ramírez-Hernández, C. 2004. Phenology, growth and response to light of ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L., Anacardiaceae)- *Economic Botany* 57(4): 481-490.

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.

Rodés, R.G., Collazo, O.M. 2006. Manual de prácticas de fotosíntesis. UNAM. 160 p.

Romero-Hinojosa, B.M., Arzate-Bolaños, J.J., Alia-Tejacal, I., Alvarez-Vargas, J.E., Pérez- Arias, G.A., Galindo-García, D.V., Guillén-Sánchez, D. 2021. Postharvest of four ecotypes of Mexican plum (*Spondias purpurea* L.) grown in Morelos, Mexico. *Current Topics in Agronomic Science* 1(1): 1-9. DOI: 10.5154/r.ctas.2021.08.02<sup>a</sup>

Ruenes, M. M. del R., Montañez, E. P. I., Ferrer, M.M., Jiménez, O. J.J., González, I. E., González, I. A. J. A. 2022. *Spondias mombin* L., *Spondias purpurea* L., *Spondias radlkoferi* J. D. Smith. Anacardiaceae. In: *Ethnobotany of the Mountain Regions of Mexico*, Casas, A., Blancas, V.J.J. (eds.) pp: 1-17, Springer.

SIAP (2019) Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre agrícola. En línea: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Consultado el 7 de enero del 2023.

Silva, T.L. da, E. Aguilar-Oliveira, M. R: Mazalli, E. S. Kamimura, R. R. Maldonado. 2017. Comparison between titrimetric and spectrometric methods for

- quantification of vitamin C. Food Chemistry 224: 92-96.
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuel, R. M. R. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Methods Enzymol. 299, 152-178.
- Solorzano-Morán, S., Alia-Tejacal, I., Rivera-Cabrera, F., López-Martínez, V., Pérez-Flores, L.J., Pelayo-Zaldívar, C., Guillén-Sánchez, D., Díaz de León-Sánchez, F., Maldonado-Astudillo, Y. I. 2015. Quality attributes and functional compounds of Mexican plum (*Spondias purpurea* L.) fruit ecotypes. Fruits 70(5): 261-270.
- Sollano-Mendieta, X.C., Meza-Márquez, O.G., Osorio-Revilla, G., Téllez-Medina, D.I. 2021. Effect of In vitro digestion on the antioxidant compounds and antioxidant capacity of 12 plum (*Spondias purpurea* L.) ecotypes. Foods, 10:1995. Doi:10.3390/foods10091995
- Suárez, V.A., Juárez-López, P., López-Martínez, V., Pérez-Flores, L.J., Guillén-Sánchez, D., Alia-Tejacal, I. 2017. Antioxidant activity and physicochemical parameters in 'Cuernavauqueña' mexican plum (*Spondias purpurea* L.) at different ripening stages. Revista Brasileira de Fruticultura 39(4): e-787 DOI: 10.1590/0100-29452017787
- Taiz, L., Max, M.I., Murphy, A., Zeiger, E. 2023. Plant physiology and development. Sinauer.
- Vargas-Simón, G., Hernández-Cúpil, R., Moguel-Ordoñez, E. 2011. Caracterización morfológica de ciruela (*Spondias purpurea* L.) en tres municipios del estado de Tabasco, México.
- Vanegas, M.J. 2005. Guía técnica del cultivo del jocote. Ministerio de Agricultura y Ganadería-IICA. El Salvador.
- Witowski, E.T., Lamont, B.B. (1991). Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. Oecology 88: 486-493.
- Zhang, F., Wang, Q., Li, H., Zhou, Q., Tan, Z., Zu, X., Yan, X., Zhang, S., Ninomiya, S., Mu, Y., Tao, S. 2024. Study on the optimal leaf area-to-fruit ratio of pear trees on the basis of bearing branch girdling and machine learning. Plant Phenomics, 6: 0233. Doi: <https://10.34133/plantphenomics.0233>



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

Dirección

Jefatura de Programas Educativos de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 25 de octubre de 2025

**Asunto:** voto aprobación de tesis

**DR. LUIS PASTOR LARRACILLA JIMÉNEZ**  
**Encargado de Despacho de la Dirección**  
**de la Facultad de Ciencias Agropecuarias**  
**P R E S E N T E.**

Por medio del presente le informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado **DESCRIPCIÓN FÍSICA, BIOQUÍMICA Y FISIOLÓGICA DE CIRUELA MEXICANA (*Spondias purpurea* L.) DE ESTACIÓN SECA Y HÚMEDA** que presenta la estudiante **Hannya Valeria Vidal Rivas**, mismo que fue desarrollado bajo mi dirección y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Maestría en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que la estudiante 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***

**DR. IRAN ALIA TEJACAL**





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

#### Sello electrónico

IRAN ALIA TEJACAL | Fecha:2025-10-26 13:31:33 | FIRMANTE

jAa/GsZtjpdQHRGvDA+tRNCUwy3X9UVhPQVNW3BQuQq0YPbIDVrg/XpTvzCeLlevMg/3LWCv/sSsKqRL4Hkb5oiu6Pm4Q4cq2nIWWnPc8Py+tYjEdV8whBpUpjqhOffL6peAxXj  
kY+q8RWWh3piHclvxM8xfyf6QPwzEzVluLcTdYE2WwjZ1+jlkdfzAsFazaKykdVSsbU4bHK1DJNTYfOFrnbooxUAgDf6USNO6lbnhcyX0pWV3/bZUsRPrRFKkJm0GzJISNB5wlKa  
CkSiS/mRP3maeFPQS951/6mj/YB9td8xZkoZxleh5335NGq48aKePMgCSOGbNoS50ilDw==

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



[HKSm0uqQ4](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/TE0OlvJkJsxQvnEOA7sGsJjd12hTG5zB>



UAEM  
RECTORÍA  
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

Dirección

Jefatura de Programas Educativos de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 25 de octubre de 2025

**Asunto:** voto aprobación de tesis

**DR. LUIS PASTOR LARRACILLA JIMÉNEZ**  
**Encargado de Despacho de la Dirección**  
**de la Facultad de Ciencias Agropecuarias**  
**P R E S E N T E.**

Por medio del presente le informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado **DESCRIPCIÓN FÍSICA, BIOQUÍMICA Y FISIOLÓGICA DE CIRUELA MEXICANA (*Spondias purpurea* L.) DE ESTACIÓN SECA Y HÚMEDA** que presenta la estudiante **Hannya Valeria Vidal Rivas**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **Dr. Iran Alia Tejacal** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Maestría en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que la estudiante 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***

**DR. JUAN MANUEL VILLARREAL FUENTES**





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

#### Sello electrónico

**JUAN MANUEL VILLARREAL FUENTES | Fecha:2025-10-27 08:40:21 | FIRMANTE**

lyY8s5kJVtkXzRCy4D5HZOjWtT6abjKb9//TudAat5Gm9LOEDoEM5xbP2su95D7AQ/PxYjePD/dJCKHhkr0II+bvAVafCNWe2nflDihv/vvqotzF3EADWm9LgyeZjiS6fpTJQapOIBEPz9igXx1jj4dL7iNwpbGa4fACoibVPrfex/t2nL+CAAaq2LGROD9LUho6PNU/RsX55EfSOYwbBaBx0qsLI9aJv2mU95a1qJqmN1esFtZ8MOhcjcco9jnTV6Mrr1vvlfAKKWQBhMT+OKQTi7SKQUd302wkWVJEJuusO4FdgRiiuJgqki+bPG7WB1dNNcKQ4QnrgObbpv7KQ==

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



[xWc7OED3H](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/7VaiX0T4Q4HX54oJua4KpIHAH3dKXt5J>



UAEM  
RECTORÍA  
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

Dirección

Jefatura de Programas Educativos de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 14 de octubre de 2025

**Asunto:** voto aprobación de tesis

**DR. LUIS PASTOR LARRACILLA JIMÉNEZ**  
**Encargado de Despacho de la Dirección**  
**de la Facultad de Ciencias Agropecuarias**  
**P R E S E N T E.**

Por medio del presente le informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado **DESCRIPCIÓN FÍSICA, BIOQUÍMICA Y FISIOLÓGICA DE CIRUELA MEXICANA (*Spondias purpurea* L.) DE ESTACIÓN SECA Y HÚMEDA** que presenta la estudiante **Hannya Valeria Vidal Rivas**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **Dr. Iran Alia Tejacal** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Maestría en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que la estudiante 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***

**DRA. GLORIA ALICIA PÉREZ ARIAS**





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

#### Sello electrónico

**GLORIA ALICIA PEREZ ARIAS | Fecha:2025-10-26 20:46:28 | FIRMANTE**

B2fKp/gjQ5qioF6e1tv0a254TI9SJIYVQDQXaW160QcfrdyHN7w6glHHWLoUtdq54gttdrauOoKdLCkmUvqc8uh/y5oKAmbhLV27jK8Es9DfNsKg7w/Kkl31gpswUt5ys3lnr8P5YnAS  
DaDBpJ+ew9aduUoBpVqN/1rryzsgQmIgpzJKOxFd7mMHkDZvi+FYLH+aDYnBtpWHNGQXapvkBEcdj1Mn0HG8wjrgKrMYIGX30hisoUk5CYILPz0HOEDdWQdyMvqJyXKu9kPx  
Hva5KtIUTrFz5Ugvl21fzI9iAaHjTPn3OH0VqKL3U6SV14T4MrXrav9Uv5LItI5XBbTw==

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



[Xsx1yAFkQ](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/V4exRA3EGaDawssOzLDNSoqdDMyt606>



UAEM  
RECTORÍA  
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

Dirección

Jefatura de Programas Educativos de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 25 de octubre de 2025

**Asunto:** voto aprobación de tesis

**DR. LUIS PASTOR LARRACILLA JIMÉNEZ**  
**Encargado de Despacho de la Dirección**  
**de la Facultad de Ciencias Agropecuarias**  
**P R E S E N T E.**

Por medio del presente le informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado **DESCRIPCIÓN FÍSICA, BIOQUÍMICA Y FISIOLÓGICA DE CIRUELA MEXICANA (*Spondias purpurea* L.) DE ESTACIÓN SECA Y HÚMEDA** que presenta la estudiante **Hannya Valeria Vidal Rivas**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **Dr. Iran Alia Tejacal** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Maestría en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que la estudiante 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***

**DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ**





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

#### Sello electrónico

**PORFIRIO JUAREZ LOPEZ** | Fecha:2025-10-25 11:38:24 | **FIRMANTE**

pgC7/b6/K1gjUiXNkRa39j7wZn8wdeXU8uJzJzYZ3gXsuDrcZM/cdhHV4zmXFmnCQCMSf71rXnvdNCmsrZtRp9yWoKpaJ8GxuSFVt6E9fJ0+hvRQS/PHEu8wvATtKVntCJoVvXa3jWsoEpWpwVmzOTkC5Goa2lww3UeNYoBjUHD3Brodf+6LhEvmWvKyX2E/GDarogWnpoR2FZIKN4KSK3CjxB1f+UIJaEZLOtmqctzW+ETmREdd5596zu68/tv6D6Dc4DYeXs2spn9k4japmCZ61vCRxmTWbj16fCJoY+y5ERC5SG0R0ZILRCWZXs5B6MPMuqkpn22/skzSfRRcUw==

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



[OsMzdnXBa](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/PkkcPN3iF0TpNtHnYYK3Gjd8gpan6src>



UAEM  
RECTORÍA  
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

Dirección

Jefatura de Programas Educativos de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 25 de octubre de 2025

**Asunto:** voto aprobación de tesis

**DR. LUIS PASTOR LARRACILLA JIMÉNEZ**  
**Encargado de Despacho de la Dirección**  
**de la Facultad de Ciencias Agropecuarias**  
**P R E S E N T E.**

Por medio del presente le informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado **DESCRIPCIÓN FÍSICA, BIOQUÍMICA Y FISIOLÓGICA DE CIRUELA MEXICANA (*Spondias purpurea* L.) DE ESTACIÓN SECA Y HÚMEDA** que presenta la estudiante **Hannya Valeria Vidal Rivas**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **Dr. Iran Alia Tejacal** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Maestría en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que la estudiante 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***

**DR. VÍCTOR LÓPEZ MARTÍNEZ**





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

#### Sello electrónico

**VICTOR LOPEZ MARTINEZ | Fecha:2025-10-27 08:16:14 | FIRMANTE**

eFtYD2Fab2WVBHJxl6Ymcrx2T+loh2x71/CbFAtul76z0qLE1RlnFQI5wQKqT/lf0jqI8F+yt82E6k5l3GillesCW7YMV4JE7KfGddvmEwi7M1My1wugj5FPYHXsjvEqseC+JNwY3ZVElf8+d0pt87wVgPg+wR0AWAjs2EIEh40VT38UJbTywKAla+P+Yyu3zbey+ZuzqH+5dhojmhxI9roV5wIM8RMaC+t/wJuxieNbqm86W93osbcF23aUKDGpN/P62Eq1ZRvDvJsKZ4IzR+K/b4L/FRQiwgyRBAP2YouYf9IRDst7+CMHzS/Q35eTEsqwKMJOrr0h+kw5CIHzYA==

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



[XDz6Yvdqw](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/nbnZ57z5lGOjWejmxAGzLMjw5gQmNKo>



UAEM  
RECTORÍA  
2023-2029