

## Dinámica de crecimiento y componentes morfológicos en frutos de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.)

### Growth dynamics and morphological components in mexican plum fruits (*Spondias purpurea* L.)

María de los Ángeles Maldonado-Peralta<sup>1</sup> , Adelaido Rafael Rojas-García<sup>2\*</sup> , Herminio Aniano-Aguirre<sup>3</sup> , Omar Ramírez-Reynoso<sup>1</sup> , Francisco Palemón-Alberto<sup>4</sup> , Ramiro Maldonado-Peralta<sup>5</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Guerrero, Centro Regional de Educación Superior de la Costa Chica, Campus Cruz Grande, Carretera Cruz Grande – Ayutla S/N, CP. 41800. Cruz Grande, Florencio Villarreal, Guerrero, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No 2. Carretera Federal Acapulco-Pinotepa Nacional km 197, CP. 41940. Cuajinicuilapa, Guerrero, México.

<sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México: Campus Instituto Tecnológico Superior de Pinotepa. Pinotepa Nacional. CP. 71600. Oaxaca, Oaxaca, México.

<sup>4</sup>Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Unidad Tuxpan. Carretera Iguala-Tuxpan km 2.5, CP. 40101. Iguala de la Independencia, Guerrero, México.

<sup>5</sup>Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Carretera a la Brecha, S/N. Burrioncito, CP. 81149. Guasave, Sinaloa, México.

\*Autor de correspondencia: rogarcia@uagro.mx

#### Artículo científico

Recibido: 05 de marzo 2024

Aceptado: 22 de noviembre 2024

**RESUMEN.** La conservación de los recursos genéticos en su centro de origen permite solventar necesidades alimenticias en tiempos futuros. Con el objetivo de evaluar la dinámica de crecimiento y componentes morfológicos en frutos de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) colectados en la Costa Chica de Guerrero y Oaxaca. Se identificaron 95 árboles. Para la curva de crecimiento se etiquetaron 50 frutos recién amarrados. Para la calidad morfológica se cosecharon frutos maduros, al azar se tomaron cuatro repeticiones de 100 frutos. Se evaluó en frutos y semillas el peso, diámetro polar y ecuatorial, la forma y color. Los datos se analizaron mediante medidas de tendencia central (SAS® 9.3). Los frutos de ciruela mexicana alcanzan la madurez a los 79 días. La curva de crecimiento presentó una dinámica que corresponde al tipo doble sigmoidal. Se encontraron nueve accesiones. Los frutos de mayor peso fueron los de las accesiones 1, 3, 7 y 9, tienen forma ovalada. Las semillas son leñosas y fibrosas, con peso desde 1.47 hasta 3.3 g, de forma alargada. La mayoría presentó 80.00% o más de parte comestible. Los frutos presentaron calidad comercial, pero algunos son ácidos para consumo en fresco, se recomiendan investigaciones complementarias para abordar aspectos relacionados con el valor agregado.

**Palabras clave:** Curva de crecimiento, frutos silvestres, características físicas.

**ABSTRACT.** The conservation of genetic resources in their center of origin makes it possible to meet nutritional needs in future times. With the objective of evaluating the growth dynamics and morphological components in mexican plum fruits (*Spondias purpurea* L.) collected on the Costa Chica of Guerrero and Oaxaca. 95 trees were identified. For the growth curve, 50 recently tied fruits were labeled. For morphological quality, ripe fruits were harvested; four repetitions of 100 fruits were taken at random. Weight, polar and equatorial diameter, shape and color were evaluated in fruits and seeds. The data were analyzed using measures of central tendency (SAS® 9.3). Mexican plum fruits reach maturity in 79 days. The growth curve presented a dynamic that corresponds to the double sigmoidal type. Nine accessions were found. The heaviest fruits were those of accessions 1, 3, 7 and 9, they are oval in shape. The seeds are woody and fibrous, weighing from 1.47 to 3.30 g, elongated in shape. The majority presented 80.00% or more of the edible part. The fruits presented commercial quality, but some are acidic for fresh consumption, complementary research is recommended to address aspects related to added value.

**Keywords:** Growth curve, wild fruits, physical characteristics.

**Como citar:** Maldonado-Peralta M de los A, Rojas-García AR, Aniano-Aguirre H, Ramírez-Reynoso O, Palemón-Alberto F, Maldonado-Peralta R (2024) Dinámica de crecimiento y componentes morfológicos en frutos de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). Ecosistemas y Recursos Agropecuarios Núm. Esp. IV: e4044. DOI: 10.19136/era.a11nIV.4044.

## INTRODUCCIÓN

El género de las *Spondias* corresponde a la familia anacardaceae (Alia-Tejacal *et al.* 2012); pertenece a la tribu Spondiadeae y es de importancia alimenticia. *Spondias purpurea* L., *S. mombin* L. y *S. radkoferi* J. D. Smith, se distribuyen en las selvas bajas caducifolias de la costa del Océano Pacífico y Golfo de México, originarias de Mesoamérica, donde gran parte de esta diversidad biológica se ha domesticado (Perales-Rivera y Aguirre-Rivera 2008, Fortuny-Fernández *et al.* 2017).

La ciruela mexicana (*S. purpurea*) es una especie semidomesticada (Ruenes-Morales *et al.* 2010), se desarrolla en zonas tropicales, desde México hasta Brasil y Perú (Pennington y Sarukhán 2005, Arce-Romero *et al.* 2017), existen especies cultivadas que son similares a las silvestres (Miller y Schaal 2006, Fortuny-Fernández *et al.* 2017), se distribuyen de forma natural, como cercos vivos o en los patios; además, tienen potencial para la reforestación y han sido resilientes a los actuales cambios de sequía, incendios, suelos delgados y compactados, arenosos o pedregosos (Ramírez *et al.* 2008, Villarreal-Fuentes *et al.* 2019).

Por otro lado, el desarrollo fenológico o la dinámica de crecimiento de las especies vegetales está determinado por el tiempo, el cual es modificado por las condiciones ambientales; y, el de los frutos comprende desde el amarre o cuajado hasta la cosecha (Parra-Coronado *et al.* 2015); por tanto, la curva de crecimiento acumulado de la masa fresca de los frutos define el tipo de sigmoide que presentan (Tapia *et al.* 1998), además de establecer los índices de cosecha y el manejo agronómico de dicho cultivo (Laguado *et al.* 2002), lo que permite mantener la calidad deseada en los frutos. Estudios realizados en ciruela roja, morada y amarilla indican que presenta una curva doble sigmoidal (Cancino-Labra *et al.* 2023).

Cabe mencionar que, estudios en ciruela mexicana, indican qué tiene frutos ovalados y redondos, con forma oblonga, aquellos que se producen de forma silvestre son de menor tamaño que los producidos en los patios (Ramírez *et al.* 2008), su peso oscila entre los 4 y 33 g y tamaño de entre 2 y 5 cm, con epicarpio liso y semiliso de color rojo, anaranjado, amarillo y café rojizo, mesocarpio de aroma y sabor agradable, el endocarpio grueso y fibroso, con 70% de pulpa (Duarte y Paull 2015); además de alta cantidad de vitamina C y calidad antioxidante (Koziol y Macía 1998, Beserra *et al.* 2011).

La Costa Chica de Guerrero y Oaxaca son considerados centro de diversidad genética de la ciruela mexicana, porque existen poblaciones de plantas silvestres generadas a partir de la germinación de semillas y algunas selecciones como arboles de traspatio, que han sido plantadas a partir de ramas o tallos (Engels *et al.* 2006, Fortuny-Fernández *et al.* 2017). La ciruela se propaga principalmente de forma asexual, es caducifolia y los frutos desarrollan en ausencia de hojas, éstas aparecen cuando inicia la maduración; la corteza se utiliza en la medicina, las hojas son consumidas por las aves o el ganado y se utilizan en infusiones para lavar heridas de quemaduras, los frutos se consumen inmaduros y maduros en fresco (Ramírez *et al.* 2008), en agua, procesados en jarabe, deshidratados en dulce o cristalizados.

En la región, los frutos se comercializan de forma local, pero no se conoce un solo cultivo establecido, todos son de traspatio, sin ningún manejo agronómico; además, es una especie que se ha estudiado poco y con grandes beneficios por las condiciones en las que desarrolla, con potencial

para sembrar en cualquier zona donde no crecen otros cultivos (Villarreal-Fuentes *et al.* 2019) por su baja exigencia al riego o tipo de suelo. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar las características morfológicas y la dinámica de crecimiento en frutos de diferentes genotipos de ciruela mexicana, cultivados y silvestres, para identificar aquellos con potencial productivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se llevó a cabo en la Costa Chica de Guerrero y Oaxaca, ubicada al suroeste de México, la zona cuenta con una época marcada de lluvia y otra seca, lo que la define como clima de trópico seco; sin embargo, en época de lluvia se comporta como trópico húmedo. La precipitación de la zona es de 1100 mm, los valores de temperatura promedio anual son de 27 °C (INEGI 2024).

Para coleccionar los frutos de *Spondias purpurea* L. se recorrió desde el municipio de Florencio Villarreal Guerrero, hasta Pinotepa Nacional Oaxaca, donde se identificaron en total 95 árboles, silvestres y cultivados en patios. Todos los frutos en madurez comestible, de todos los árboles, se recolectaron y se colocaron en recipientes separados. La caracterización se realizó en el Laboratorio de Alimentos del Campus Costa Chica, de la Universidad Autónoma de Guerrero, Cruz Grande, municipio de Florencio Villarreal, Guerrero, México.

El estudio se realizó de marzo a mayo de 2023. Para la elaboración de cada curva de crecimiento acumulado, de la masa fresca de los frutos, se etiquetaron 50 frutos de árboles con mayor acceso, considerando los cuatro puntos cardinales, se inició al momento del amarre de los frutos y su tamaño promedio era de 4.60 a 6.37 mm de diámetro polar y 3.13-4.36 mm el ecuatorial, en cada fruto se midió diariamente hasta la madurez fisiológica o de consumo el diámetro polar y ecuatorial en mm, utilizando un vernier digital (Truper Stainless Steel® Modelo: CALDI-6MP), estas mediciones se realizaron desde el ápice al pedúnculo y a la mitad del fruto, de manera transversal, la última medición se realizó al momento de la cosecha, en madurez fisiológica o de consumo.

Los frutos maduros con las mismas características morfológicas se agruparon, quedando nueve accesiones, se lavaron, secaron y al azar se tomaron cuatro repeticiones de 100 frutos cada una, se colocaron de manera ordenada en mesas de trabajo, a cada fruto y semilla se registró el peso en g, utilizando una báscula electro-analítica de precisión (Rhino DGN.312.01..2015.2294®), el diámetro polar y ecuatorial en mm, variables con las que se determinó el índice de forma, el color del epicarpio y mesocarpio se obtuvo con el programa digital Color Grab®. Se determinó la relación semilla y parte comestible. Las imágenes se tomaron con una cámara digital Sony (Optical SteadyShot® 24.3 Megapíxeles).

El experimento se realizó en un diseño completo al azar con cuatro repeticiones y los datos de los resultados obtenidos se evaluaron mediante medidas de tendencia central, utilizando el programa SAS® 9.3 (SAS 2011).

## RESULTADOS

Los frutos de ciruela mexicana comercial presentan una dinámica de crecimiento que corresponde al tipo doble sigmoideal (Figura 1). La etapa I se caracterizó por presentar un periodo de intenso desarrollo, comprende desde el amarre del fruto hasta el inicio del endurecimiento de la semilla; este periodo de crecimiento abarcó los primeros 25 días, donde el diámetro polar o largo del fruto presentó un dato inicial de 6.37 mm y 23.23 mm al final de dicho periodo, creció aproximadamente cuatro veces su tamaño inicial, dato que corresponde al 72.80% de su tamaño final. Los frutos tienen forma ovalada, son más largos que anchos, el dato inicial en el diámetro ecuatorial fue de 3.93 mm y el final de esta etapa de 16.01 mm que corresponde al 61.40% de su ancho final, respectivamente.

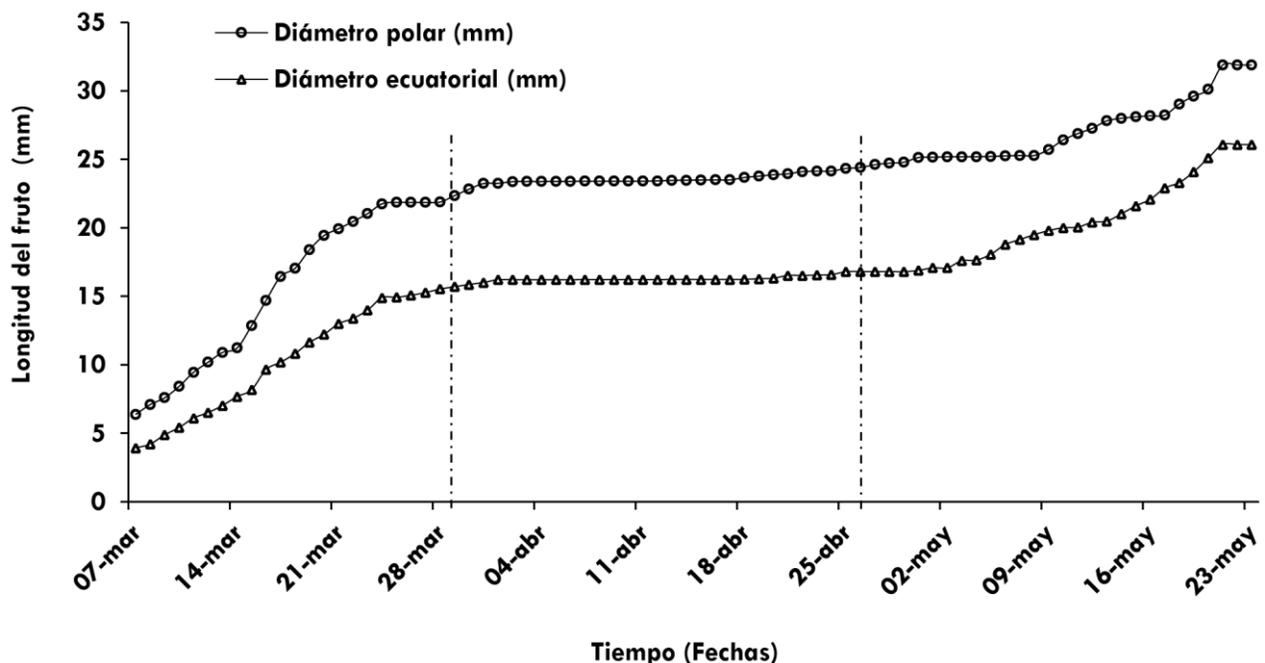
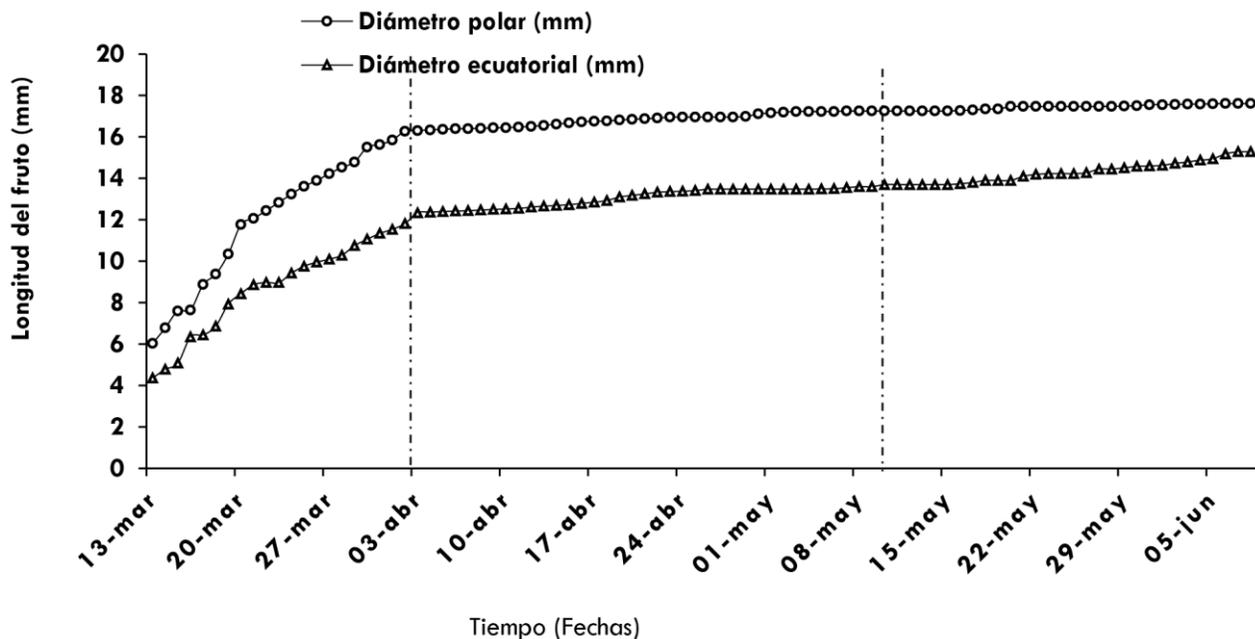


Figura 1. Desarrollo fenológico del fruto de ciruela mexicana (*S. purpurea*) comercial.

En la etapa II se encontró nulo o poco crecimiento; además, la ciruela se caracterizó por presentar reducción de tamaño, situación explicada por la época y condiciones en la que se desarrollaron los frutos, la producción se da durante la época de mayor sequía del año y hasta la fecha poca atención se les ha dado a estos árboles. Para el diámetro polar esta etapa transcurrió en cuarenta días y para el ecuatorial en un mes, casi el doble de tiempo a la etapa I, y con un crecimiento de apenas 4.00 mm tanto en largo como en ancho de fruto.

La etapa III inicia al término del endurecimiento de la semilla, prosiguiendo con el desarrollo debido a la continua elongación celular, aumentando el tamaño de los frutos hasta la maduración al momento de la cosecha. Cabe mencionar que, durante esta etapa existe desarrollo en el interior de la semilla, para llegar a la etapa final del desarrollo embrionario, que permita la reproducción. En la ciruela se encontró que aproximadamente en quince días se llegó al término de la última etapa, presentando una disminución en la velocidad de crecimiento; se observaron pequeños ascensos. La madurez de consumo se obtuvo a los 79 días, momento en el que se realizó la cosecha.

Las dimensiones de los frutos de ciruela silvestre (Figura 2) en la dinámica de crecimiento presentó un comportamiento inicial similar a la ciruela en cultivo de traspatio. El diámetro polar inicial, tomado después del amarre del fruto fue de 6.03 mm y el ecuatorial de 4.36; considerando un desarrollo continuo y rápido hasta los 21 días, con 16.31 y 12.32 mm, datos que corresponde al 92.62 y 80.63%; posterior a ello, en el diámetro polar mostró un crecimiento constante pero lento, hasta la maduración que fue a los 89 días y con tamaño final de 17.61 y de 15.28 mm, sólo que en esta dimensión se encontraron medidas con crecimiento rápido inicial y posterior a ello fue lento pero constante hasta la maduración. Se observó que los frutos de la ciruela silvestre son más pequeños y aparentemente la semilla ocupa la mayor parte del tamaño del fruto, contiene poca pulpa y es jugosa, pero de sabor ácido.



**Figura 2.** Desarrollo fenológico del fruto de ciruela (*S. purpurea*) silvestre.

Los frutos conjuntados en la accesión 9, datos graficados en la Figura 1 mantuvieron un desarrollo inicial drástico, luego constante y al final hubo crecimiento, pero menor al inicial, como se observa en la Figura 3. En el desarrollo del fruto de ciruela, la fase I está determinada por un crecimiento rápido y se llevó a cabo en 23 días; inició con 4.60 y 3.13 mm, y culminó con 23.17 y 21.51 mm en promedio para el diámetro polar y ecuatorial, respectivamente, estos valores corresponden al 74.21 y 67.93% del tamaño final de los frutos.

La etapa II fue de crecimiento lento y prácticamente nulo, llevada a cabo en 37 días, en este tiempo se encontró apenas 1.73 y 2.37 mm en el largo y ancho de fruto, implica un crecimiento de 0.50 mm más en el diámetro ecuatorial.

Cabe mencionar qué; al comparar los tres grupos de accesiones, el desarrollo fenológico de los frutos encontrados fue similar, cada uno con un crecimiento rápido durante la etapa I; sin embargo, la ciruela comercial durante esta etapa desarrolló entre el 70.00 y 80.00% de su tamaño final del diámetro polar, pero la silvestre más del 90.00%. Posteriormente la etapa II con crecimiento lento.

De acuerdo a lo observado y encontrado, durante la etapa III se lleva a cabo la producción de pulpa y jugo para la maduración.

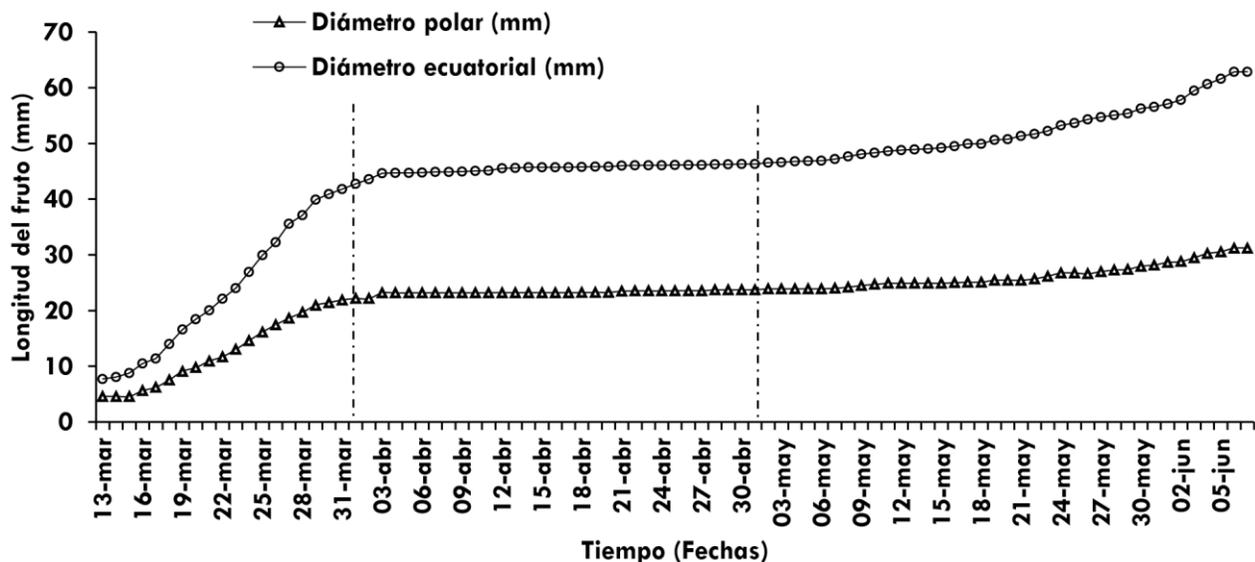


Figura 3. Desarrollo fenológico del fruto de ciruela mexicana (*S. purpurea*) de traspatio.

Los genotipos de ciruela encontrados en la región estudiada muestran variación morfológica, lo que permitió obtener nueve accesiones, los datos promedio de los frutos de ciruela que describen estas características se encuentran en la Tabla 1. El peso de los frutos maduros varió desde 7.74 hasta 21.10 g, valores que indican que los frutos de mayor peso son tres veces más grandes comparados con los más pequeños, también se encontró que solo se cultivan las selecciones que producen frutos grandes, con mayor pulpa y jugo, como el caso de la accesión 1, 3, 7 y 9; para el caso de las accesiones 4 y 5 para consumo en fresco quedan descartadas; sin embargo, en la región los frutos tiernos antes del endurecimiento de la semilla son consumidos en salsa o hervidos para acompañar algunos platillos.

Para la variable diámetro polar del fruto maduro, las accesiones 4 y 5 presentaron 28.12 y 26.93 mm de longitud; posteriormente la 7 y la 8, con 33.29 y 32.02 mm, seguidas por la 3 y 6 con 34.29 y 34.20 mm, el fruto con mayor longitud fue el de la accesión 1, con 37.49 mm, respectivamente. El diámetro ecuatorial mostró relación en el patrón de crecimiento con el diámetro polar; pues se encontró a las accesiones 4 y 5 con los valores menores, los frutos de mayor tamaño en este parámetro fueron los de las accesiones 3 y 9, siendo los de mayor peso, pero con variabilidad en las dos longitudes.

Las dos variables indican la forma de los frutos, encontrando que todas las accesiones tienen forma ovalada; sin embargo, la accesión 3, 5, 8 y 9 fueron las que presentaron forma más redonda, entre 2.00 y 3.00 mm de diferencia entre el diámetro polar y ecuatorial. Cabe mencionar que las accesiones 1, 2 y 4 mostraron más marcada la forma de óvalo. La semilla es grande, fibrosa, leñosa y tiene relación a la forma del fruto. El peso promedio de las semillas osciló entre 1.47 y 3.34 g, frutos grandes también presentaron semillas de mayor peso.

**Tabla 1.** Descriptivos promedios de características morfológicas de frutos y semillas de ciruela mexicana (*S. purpurea*).

Accesiones Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Peso fruto (g)</b>	18.45	16.18	18.90	7.72	9.04	17.04	18.34	14.67	21.10
CV	7.05	11.33	14.48	6.89	10.84	9.94	10.91	8.73	15.79
<b>DP fruto (mm)</b>	37.49	36.60	34.29	28.12	26.93	34.20	33.29	32.02	36.10
CV	7.13	5.16	5.01	4.96	3.47	3.48	6.75	5.26	6.25
<b>DE fruto (mm)</b>	29.57	28.60	32.21	22.79	24.60	29.49	29.57	29.02	32.72
CV	2.29	3.84	6.10	3.30	4.74	8.48	7.43	4.61	7.08
<b>IF fruto</b>	1.27	1.28	1.07	1.24	1.10	1.17	1.13	1.10	1.10
CV	7.38	4.31	4.19	4.29	5.73	9.65	8.44	4.08	4.56
<b>Peso de semilla</b>	2.72	3.34	2.52	1.47	1.73	2.94	2.81	2.86	3.06
CV	9.31	10.98	12.73	18.76	20.67	6.73	19	25.43	16.68
<b>DP semilla (mm)</b>	24.31	27.48	21.72	22.49	18.66	20.61	22.06	21.86	21.28
CV	5.97	4.25	3.75	13.18	5.43	30.47	7.36	7.21	7.55
<b>DE semilla (mm)</b>	13.88	16.97	18.96	17.26	16.76	16.22	16.55	16.83	16.64
CV	5.90	5.16	5.15	16.46	6.75	4.68	3.32	3.68	4.75
<b>IF semilla</b>	1.75	1.62	1.15	1.32	1.12	1.28	1.34	1.30	1.28
CV	6.58	4.76	5.58	11.59	10.43	30.94	9.68	7.32	6.54
<b>Color</b>	Naranja:am arillo	Rojo brilla Nte	Verde:amari lo quemado	Rojo: purpura	Morada: violeta	Araranjada: marron oscuro	Anaranjada fuego	Morada: marron oscuro	Amarillo: anarajando

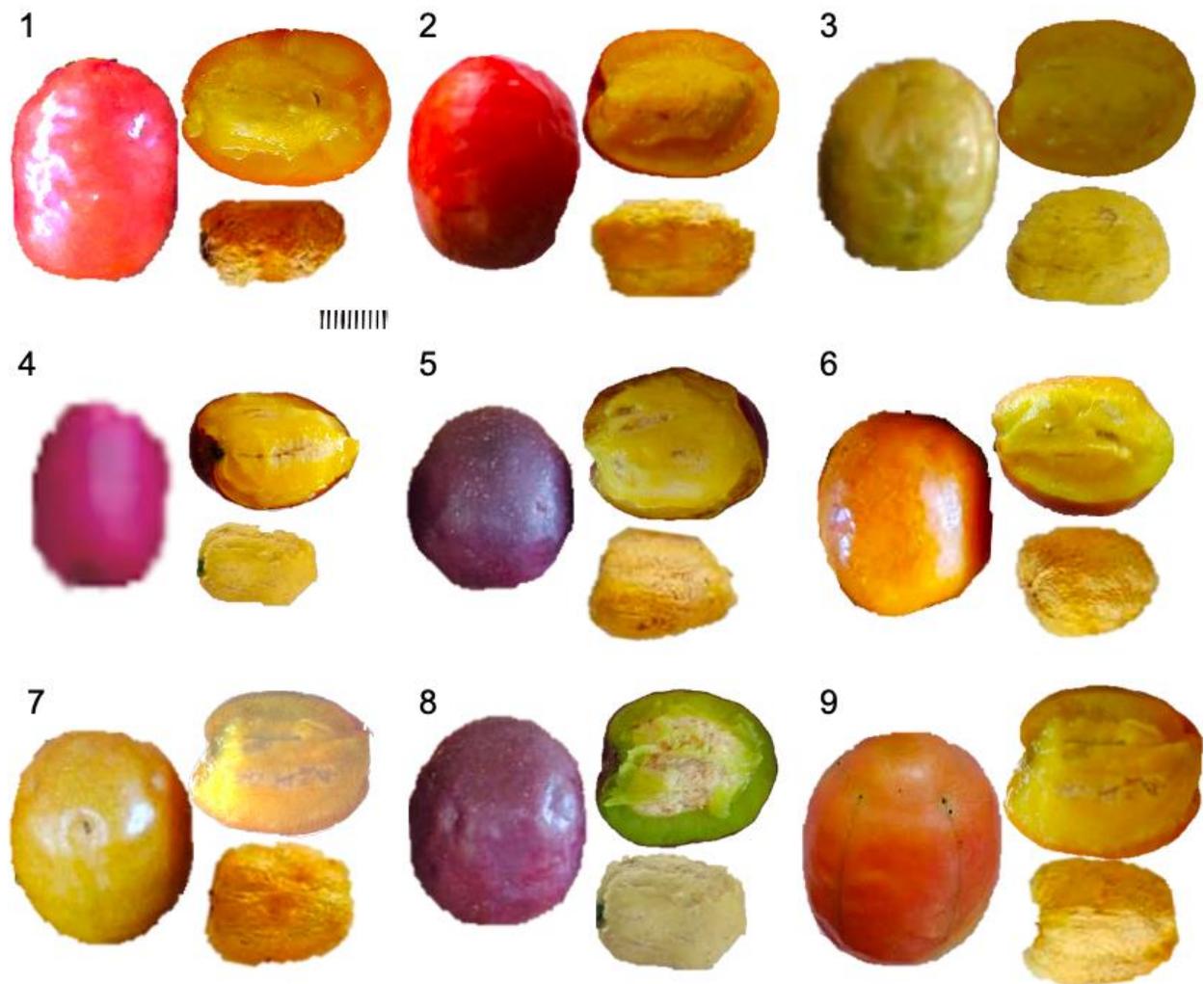
N: 400 frutos; CV: coeficiente de variación; DP: diámetro polar; DE: diámetro ecuatorial; IF: índice de forma.

El diámetro polar de la semilla fue de 1.8 cm en la accesión 5, siendo la semilla con menor longitud; seguido por las accesiones 6, 9, 3 y 8, la semilla con mayor longitud fue la de los frutos de la accesión 2, con 27.48 mm. Para el caso del diámetro ecuatorial la accesión 1 tuvo una semilla con 13.88 mm, lo que la confiere a una semilla más delgada, las demás accesiones oscilaron entre 16.00 y 18.00 mm. La forma de la semilla de todos los frutos fue ovalada; sin embargo, hay frutos que tienen semilla más redonda como el caso de las accesiones 3 y 5, con 1.15 y 1.12, las de forma más alargada fueron la 1 y 2, con 1.75 y 1.60, respectivamente.

Para la comercialización de frutos de calidad es necesario conocer las accesiones que presentan mayor cantidad de parte comestible, ello es determinado por la relación que existe entre el tamaño del fruto y de la semilla, encontrando en las accesiones 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, y 9 un 80.00% o más de cantidad de pulpa y la accesión 2 presentó 79.36%; considerando lo anterior, todas las accesiones son de calidad comercial, para consumo en fresco o procesados.

En la Figura 4 se encuentran las imágenes de las accesiones seleccionadas, es necesario indicar que el color del epicarpio varía de acuerdo con la posición del fruto en el árbol y al tomar el dato hay cambios en el resultado. Los frutos de la accesión 1 son una mezcla de colores rojo anaranjado y amarillo, son frutos rugosos, con más pulpa que jugo, dulces. La accesión 2 son frutos anaranjados

y rojo brillante, semilisos, pulpa color amarillo anaranjado, jugosos, de tamaño mediano, ácidos; la 3 son frutos verdes o amarillo quemado, rugosos, jugosos, agridulces, la pulpa color amarilla. La 4 son frutos pequeños, lisos, color rojo intenso o purpura, con poco jugo, ácido, color amarillo. La 5, frutos morados o violeta, semilisos, poco jugo y pulpa, ácidas, de color amarillo claro; la accesión 6 presenta frutos rugosos, color anaranjado ahumado, en madurez fisiológica se les marcan 4 líneas de polo a polo, sabor dulce, es jugoso, pulpa color amarillo intenso. La 7 tiene frutos lisos, color amarillo anaranjado, son agridulces y los 4 puntos bien marcados, la 8 son frutos rugosos, guindas o morado, ácidos, pulpa color verde olivo, poco jugosos y la accesión 9 sin frutos grandes, anaranjados, semilisos, dulces, más pulpa que jugo, pulpa color amarillo anaranjado, esta accesión se diferencia presentar 5 líneas verdes de polo a polo.



**Figura 4.** Variación morfológica de frutos y semillas de ciruela mexicana (*Spondias*) de la Costa chica de Guerrero y Oaxaca. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes fotográficas tomadas con cámara digital Sony (Optical SteadyShot® 24.3 Megapíxeles).

## DISCUSIÓN

Los frutos de ciruela mexicana al igual que todos los frutos de hueso o semilla leñosa o semileñosa responden a un periodo de crecimiento rápido, otro con poco o nulo y un tercero, lento, pero con mayor crecimiento que el anterior (Lahue y Johnson 1989, Giraldi y Rombaldi 2003). También Ramírez *et al.* (2008), concuerdan con lo encontrado en esta investigación, para cultivar algún genotipo se seleccionan según el tamaño, color y sabor. En una investigación realizada por Solórzano *et al.* (2015) y Álvarez-Vargas *et al.* (2017), reportan que el peso de los frutos varía, con valores más pequeños y también frutos con peso de casi el doble a los encontrados en este trabajo, situación que probablemente se deba a las condiciones climáticas y al manejo agronómico de los árboles. La accesión 4 son frutos de árboles completamente silvestres y su peso coincide con lo mencionado por Avitia *et al.* (2003); pero la accesión 9 por su peso y tamaño entraría en el grupo de frutos de ciruela que se producen en la estación húmeda, cuando en la región estudiada la producción es en el periodo seco entre marzo y mayo. En México se han encontrado frutos de mayor peso comparado con investigaciones realizadas en Brasil (Lemos *et al.* 2008) y semejantes a lo reportado en Venezuela (Guerrero *et al.* 2011). Estudios realizados por Álvarez-Vargas *et al.* (2017), indican que los frutos presentaron diámetro polar y ecuatorial promedio de 35.95 y 29.37 mm, en la presente investigación se obtuvo similar valor en las accesiones 2 y 6; además, la mayoría de los frutos de las accesiones de esta investigación presentaron mayores longitudes a lo reportado por Cruz y Gutiérrez (2012).

En la región de la Costa Chica de Guerrero y Oaxaca no se encontraron frutos con forma de oblato (relación <1) ni redonda como mencionan Ramírez *et al.* (2008) y Alia-Tejacal *et al.* (2012) en evaluaciones de ecotipos recolectados en el estado de Morelos y en la parte norte del estado de Guerrero; sin embargo, la forma de la mayoría de los frutos se asemeja a lo reportado por Guerrero *et al.* (2011), pero ellos mencionan frutos de menor tamaño y peso, situación que se encuentra por las diferencias entre árboles desarrollados de forma silvestre y germinados de semillas, lo que provoca variación genética.

En los frutos de ciruela se encontraron accesiones con colores similares, pero diferente forma; con color rojo, rojo intenso, brillante, anaranjado, marrón, amarillo, verde y morado o guinda. El presente trabajo coincide con lo reportado en investigaciones realizadas en diferentes estados del país, destacando y comprobando que en la vertiente del Océano Pacífico existe variedad de ecotipos y similares a lo reportado por Alia-Tejacal *et al.* (2012), Arce-Romero *et al.* (2017) y Ruenes-Morales *et al.* (2010), lo que contradice a Avitia *et al.* (2003), quienes indicaron que aparentemente la mayor distribución se encontraba en el Golfo de México. Reportes en otros frutos pequeños, indican que cuando contienen más del 40.00% de parte comestible son de calidad para consumo en fresco o procesado (Freire *et al.* 2008, Maldonado *et al.* 2016, Maldonado *et al.* 2020); sin embargo, en la ciruela algunas accesiones son ácidas, por lo que se podrían utilizar para jugos, pulpas, curados, agua fresca o conservas, etcétera. Mientras que Guerrero *et al.* (2011), realizaron dos cosechas y encontraron 45.49 y 63.67% en promedio de pulpa en fruto, la presente investigación muestra valores mayores a lo reportado por dichos autores.

## CONCLUSIONES

Los frutos de ciruela de la Costa Chica de Guerrero y Oaxaca presentan variación morfológica, la zona es centro de distribución y reserva genética, lo que permite su producción natural. Los frutos de ciruela mexicana alcanzan su madurez a los 79 días y la curva de la dinámica de crecimiento corresponde al tipo doble sigmoidal. En la región se encontraron nueve accesiones, por sus características morfológicas la 1, 3 y 9 se recomiendan para consumo en fresco. Todas tienen forma ovalada y la mayoría presenta más del 80.00% de parte comestible; sin embargo, algunas tienen sabor ácido y no se recomiendan para consumo en fresco, como las accesiones 2, 4 y 5. La semilla es leñosa y fibrosa, de forma alargada y pesa entre 1.70 y 3.30 g. Es necesario realizar mayor investigación, establecer huertos, ya que en la región existe diversidad que puede explotarse; pues existen genotipos para procesamiento y otros para consumo en fresco con calidad de exportación.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las personas de la Costa Chica, por su participación durante la realización del estudio.

## CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

## LITERATURA CITADA

- Alia-Tejcal I, Astullo-Maldonado YI, Núñez-Colín CA, Valdez-Aguilar LA, Bautista-Baños S, García-Vázquez E, Ariza-Flores R, Rivera-Cabrera F (2012) Caracterización de frutos de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) del sur de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35: 21-26.
- Álvarez-Vargas JE, Alia-Tejcal I, Chavez-Franco SH, Colinas-León MT, Nieto-Ángel D, Rivera-Cabrera F, Aguilar-Pérez LA (2017) Ciruelas mexicanas (*Spondias purpurea* L.) de clima húmedo y seco: calidad, metabolitos funcionales y actividad antioxidante. *Interciencia* 42: 653-660.
- Arce-Romero AR, Monterroso-Rivas AI, Gómez-Díaz JD, Cruz-León A (2017) Mexican plums (*Spondias* spp.): their current distribution and potential distribution under climate change scenarios for Mexico. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 23: 5-19. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2016.06.020>
- Avitia GE, Castillo GAM, Pimienta E (2003) Ciruela mexicana y otras especies del género *Spondias* L. Primera Edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México, México. 75p.
- Beserra AMM, Machado de SPE, Campos AAM, Matias do PG, de Carvalho MCE, Arraes MG, Gomes de LTL (2011) Bioactive compounds and the antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. *Food Research International* 44: 2155-2159.
- Cancino-Labra S, Alia-Tejcal I, López-Martín V, Juárez-López P (2023) Fruit growth in three ecotypes of dry-season *Spondias purpurea* L. *Acta Universitaria* 33: 1-9. <https://doi.org/10.15174/au.2023.3768>

- Cruz LA, Gutiérrez JAG (2012) Distribución geográfica del género *Spondias* en México. En: Cruz LA, Pita DA, Rodríguez HB (eds) *Jocotes, jobos, abales o ciruelas mexicana*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. pp. 31-38.
- Duarte O, Paull RE (2015) *Exotic fruits and nuts of the new world*. CABI. Wallingford, UK. 332p.
- Engels J MM, Ebert AW, Thormann I, d Vicente MC (2006) Centres of crop diversity and/or origin, genetically modified crops and implications for plant genetic resources conservation. *Genetic Resources and Crop Evolution* 53: 1675-1688. <http://dx.doi.org/10.1007/s10722-005-1215-y>
- Fortuny-Fernández NM, Ferrer MM, Ruenes-Morales MR (2017) Centros de origen, domesticación y diversidad genética de la ciruela mexicana, *Spondias purpurea* (Anacardiaceae). *Acta Botánica Mexicana* 121: 7-38. <http://dx.doi.org/10.21829/abm121.2017.1289>
- Freire JLO, Lima NA, Freire OAL, Marinus MJV, Dias JT, Silva PJ (2008) Avaliações biométricas de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) e caracterização dos atributos externos e internos dos frutos. *Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia* 5: 41-52.
- Giraldi CL, Rombaldi CV (2003) *Embrapa Uva e Vinho, Sistemas de produção 3. Sistema de Produção de Pêssego de Mesa na Região da Serra Gaúcha*. <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pessego/PessegodeMesaRegiaoSerraGauch/manejo.htm>. Fecha de consulta: 10 de enero de 2024.
- Guerrero R, Manzanilla M, Hernández C, Chacín J, Clamens C (2011) Caracterización fisicoquímica de frutos ciruelo de huesito (*Spondias purpurea* L.) en el municipio de Mara. *Revista Facultad Agronomía* 27: 670-676.
- INEGI (2024) Coordinación de Desarrollo de Proyectos. Subdirección de Actualización de Marco Geoestadístico. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Dirección General de Geografía. [www.inegi.gob.mx/prod\\_serv/..espanol/bvinegi/.../2024/agenda2024.pdf](http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/..espanol/bvinegi/.../2024/agenda2024.pdf). Fecha de consulta: 10 de enero de 2024.
- Kozioł JM, Macía JM (1998) Chemical composition, nutritional evaluation, and economic prospects of *Spondias purpurea* (Anacardiaceae). *Economic Botany* 52: 373-380.
- Laguado M, Marín M, Arenas de Moreno L, Araujo F, Castro de Rincón C, Rincón A (2002) Crecimiento del fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.) del tipo Criolla Roja. *Revista de la Facultad de Agronomía* 19: 273-283.
- Lahue JH, Johnson RS (1989) *Peaches, plums and nectarines: Growing and handling for fresh market*. Division of Agriculture and Natural Resources. California, USA. 252p.
- Lemos P, Ritzinger R, Soares W, Da Silva C (2008) Características morfológicas, físicas e químicas de frutos de populações de umbucajazeira no Estado da Bahia. *Revista Brasileira de Fruticultura* 30(1). <https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000100026>
- Maldonado PMA, García de los SG, GarcíaNJR, CoronaTT, Cetina AVM, Ramírez HC (2016) Calidad morfológica de frutos y endocarpios del nanche rojo (*Malpighia mexicana*, Malpighiaceae). *Acta Botánica Mexicana* 117: 37-46.
- Maldonado PMA, Sánchez SP, Rojas GAR, Valenzuela LJL, Bottini LMB, Alaniz GL (2020) Caracterización y evaluación de frutos de “nanche” (*Byrsonima crassifolia* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11: 151-160.
- Miller AJ, Schaal BA (2006) Domestication and the distribution of genetic variation in wild and cultivated populations of the Mesoamerican fruit tree *Spondias purpurea* L. (Anacardiaceae). *Molecular Ecology* 15: 1467-1480. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-294X.2006.02834.x>
- Parra-Coronado A, Fischer G, Chaves-Córdoba B (2015) Tiempo térmico para estados fenológicos reproductivos de la feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret). *Acta Biológica Colombiana* 20: 163-173.
- Pennington TD, Sarukhán J (2005) *Árboles tropicales de México. Manual de identificación de las principales especies*. Universidad Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica. México. 523p.

- Perales-Rivera HR, Aguirre-Rivera JR (2008) Biodiversidad humanizada. In: Soberón, Halffter GJ, Llorente-Bousque J (ed) Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp. 565-603.
- Ramírez HBC, Pimienta BE, Castellanos RJZ, Muñoz UA, Palomino GH, Pimienta BE (2008) Sistemas de producción de *Spondias purpurea* (Anacardiaceae) en el centro-occidente de México. *Revista de Biología Tropical* 56: 675-687.
- Ruenes-Morales M de RA, Casas A, Jiménez-Osornio JJ, Caballero J (2010) Etnobotánica de *Spondias purpurea* L. (Anacardiaceae) en la Península de Yucatán. *Interciencia* 35: 247-253.
- SAS Institute (2011) SAS/STAT® 9.3 User's Guide. SAS Institute. Cary, North Carolina. USA. 8621p.
- Solórzano MS, Alia TI, Rivera CF, López MV, Pérez FLJ, Pelayo ZC, Guillén SD, Díaz de LSF, Maldonado AYI (2015) Quality attributes and functional compounds of Mexican plum (*Spondias purpurea* L.) fruit ecotypes. *Fruits* 70: 261-270.
- Tapia M, Lopez X, Galletti L, Berger H (1998) Caracterización del crecimiento y desarrollo del fruto de Melón (*Cucumis melo* var. *reticulatus* naud.) cv. topscore. *Agricultura Técnica* 58: 93-102.
- Vargas-Simón G, Hernández-Cupil R, Moguel-Ordoñez E (2011) Caracterización morfológica de ciruela (*Spondias purpurea* L.) en tres municipios del estado de Tabasco, México. *Bioagro* 23: 141-149.
- Villarreal-Fuentes JM, Alia-Tejacal I, Pérez-Pérez XD, Espinosa-Zaragoza S, Marroquín-Agreda FJ, Núñez-Colín CA (2019) Caracterización fisicoquímica de frutos de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) en el Soconusco, Chiapas. *Ecosistemas de Recursos Agropecuarios* 6: 219-229.