

Propiedades fisicoquímicas y rendimiento de frutos de chile chiltepín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum* Dunal) cultivados bajo diferentes condiciones de crecimiento

Physicochemical properties and yield of chiltepin fruits (Capsicum annuum L. var. glabriusculum D.) cultivated under different growth conditions

Diana Miriam Mc Caughey-Espinoza¹, Génesis V. Buitimea-Cantúa²,
Nydia E. Buitimea-Cantúa^{2*}, Gloria Irma Ayala-Astorga¹, Andrés Ochoa-Meza³

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar las propiedades fisicoquímicas y el rendimiento de frutos de chile chiltepín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) cultivados bajo tres condiciones agronómicas: invernadero, rodal de mezquites (*Prosopis* sp.) y silvestres. La producción de chiles chiltepin cosechados bajo condiciones de invernadero fue 2.34 veces mayor que en rodal de mezquite. Similarmente, los chiles recolectados en condiciones de invernadero presentaron un mayor valor de pH (6.0) comparados con los colectados en condiciones de crecimiento silvestre y bajo un rodal de mezquite (pH=5.5). El número de semillas en los chiles chiltepin cosechados en invernadero y bajo el rodal de mezquites fue 1.75 veces mayor comparado con los cosechados en condiciones silvestres. Sin embargo, los chiltepin cosechados bajo el rodal de mezquites y silvestres presentaron 1.25 veces mayor acidez (% de ácido cítrico) comparado con los chiles cultivados en condiciones de invernadero. Además, los chiltepin cosechados bajo el rodal de mezquite fueron 2.36 veces más rojos (+a) que los chiles silvestres. Estos resultados mostraron que los frutos de chiltepín del rodal de mezquite presentaron las mejores propiedades fisicoquímicas y fueron más rojos. Los chiles cultivados bajo el rodal de mezquite podrían servir como bancos de germoplasma para la producción de semillas de *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* y para el establecimiento de nuevas plantaciones de especies de chiltepín en el noroeste de México.

Palabras clave: *Capsicum annuum* var. *glabriusculum*, chiles de chiltepín, invernadero, silvestres, acidez (%).

ABSTRACT

This study's objective was to evaluate the physicochemical properties and yield of chiltepin fruits (Capsicum annuum var. glabriusculum) cultivated under three different growth conditions: greenhouse, mezquite (Prosopis sp) stands, and wild type. The yield of chiltepin fruits collected under greenhouse conditions was higher than mezquite stands (2.34-times). Likewise, fruits from greenhouse had a higher pH (6.0), the wild type and mezquite stands (pH = 5.5) chiltepin fruits. The numbers of seeds of chiltepin fruits cultivated in greenhouse and mezquite stands conditions were higher in comparison to wild type fruits (1.75-fold). However, mezquite stands and wild type chiltepin fruits showed 1.25 times higher acidity (% citric acid) than fruits cultivated in greenhouse conditions. Furthermore, the chiltepin fruit from mezquite stands was higher in the +a (red) color parameter (2.36-times) than wild type fruits. These results showed that chiltepin fruits from mezquite stands presented the best physicochemical properties and red color, thus, this growth condition could serve as germplasm banks for the production of seed form Capsicum annuum var. glabriusculum of good quality, and for the further establishment of new plantations of chiltepin species in the northwestern of Mexico.

Keywords: *Capsicum annuum* var. *glabriusculum*, chiltepin fruits, greenhouse, wild type, (acidity %).

¹ Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. Hermosillo Sonora, México.

² Tecnológico de Monterrey, Centro de Biotecnología-FEMSA, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Campus Monterrey. Av. Eugenio Garza Sada 2501, Monterrey, N.L., C.P. 64849, México.

³ Departamento de Agricultura y Ganadería. Universidad de Sonora. Hermosillo Sonora, México.

* Corresponding author: nebc@tec.mx

Introducción

En México existe una gran variedad de chiles, que son consumidos en fresco, secos o curtidos. También se pueden encontrar desde muy dulces a muy picosos y entre estos últimos está el chile chiltepín, conocido como el pequeño y gran señor de Sonora. Esta especie de chile silvestre se distribuye en los municipios del sur, centro y la zona serrana oriental. Crece a las orillas de arroyos y a lo largo de cañadas en el matorral desértico, matorral espinoso, selva baja caducifolia y encinares del estado de Sonora (Bañuelos *et al.*, 2008). Hoy en día los rancheros se han concientizado sobre el cuidado de las plantas en la época de fructificación y llegada de la cosecha, de donde ellos pueden obtener entre 250 y 300 pesos por litro, en la venta de chile chiltepín seco.

Actualmente las poblaciones silvestres de esta planta se han visto afectadas disminuyendo considerablemente, por diversas causas., Algunas de ellas son las bajas precipitaciones, heladas, altas temperaturas, plagas, enfermedades, el consumo de animales silvestres y domésticos, pero sobre todo el mal manejo que se tiene en dichas áreas y el mal manejo que realizan en la época de su cosecha al no tener presente la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010; Mc Caughey *et al.*, 2017). Para minimizar los estragos se han realizado plantaciones a campo abierto, en malla sombra e invernaderos. Estos dos últimos son de producción intensiva que eleva los costos de producción. Las plantas de chiltepín en condiciones de producción intensiva presentan un ciclo de vida de aproximadamente 10 años de acuerdo con el manejo del cultivo. El género *Capsicum* fue propuesto en 1979 por la FAO como cultivo de alta prioridad para estudios de conservación, por su importancia económica y la pérdida del alto grado de variabilidad natural que presentan las plantas (Salles *et al.*, 2003).

Las plantaciones forestales de rodales naturales o inducidas en México muestran un gran impacto ecológico, silvopastoril y económico, en sus diferentes ecosistemas naturales. Un rodal es básicamente un área cubierta de árboles con características homogéneas de acuerdo con la especie existente en el sitio, edad, altura, tipo de suelo, entre otros (CONAFOR, 2020). Estos a su vez proporcionan microclimas idóneos para el establecimiento de cultivos alternos sin la necesidad

de cambiar el entorno. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar las propiedades fisicoquímicas y el rendimiento de chile chiltepín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum* Dunal) cultivado bajo diferentes condiciones.

Materiales y métodos

Cultivo de chiltepín bajo rodal de mezquites

Este trabajo de investigación se llevó a cabo en el Km 23 de la carretera a Sahuaripa, Sonora, México (Tabla 1). Se seleccionó un rodal de mezquite que se encontraba en una superficie de 270 m². El tipo de suelo en dicha área era arcilloso, con escasa materia orgánica. Se aprovechó una plantación con 15 meses de edad, establecida a partir de semilla, en un área sombreada dentro del mismo predio. Para evitar la presencia de fauna nociva que pudiera hacer daño al sistema de riego y a las plantas de chiltepín, se protegió esta área con un cerco perimetral de cinta de riego por goteo reutilizada, de un metro de altura. Asimismo, se eliminaron las ramas secas de los árboles, y se efectuó un deshierbe manual para evitar la presencia de plagas y/o enfermedades en las plántulas de chiltepín.

Se llevaron a cabo algunas labores agronómicas tales como remoción del suelo y cerca del área del tallo de las plantas. Considerando las bajas precipitaciones que se registran en el estado de Sonora, se utilizó un sistema de riego por goteo (4 lph de goteo por planta) para generar un bulbo de humedad en el área radicular de las plantas. Se les aplicó un riego de una hora por día de acuerdo con las temperaturas existentes. Para este estudio se manejó una densidad de 150 plantas (la distancia entre planta y planta fue de 60 cm y 3 metros entre hileras). Se aprovechó la línea de árboles de mezquite que aportan la sombra y un microclima apropiado para las plantas de chiltepín.

Cultivo de chiltepín en invernadero

El trabajo se llevó a cabo en el municipio Aconchi, Sonora, México (Tabla 1). Las temperaturas oscilaron entre 17 y 44 °C. La plantación de los chiles chiltepines se realizó en el mes de septiembre de 2017. Se contó con un sistema de riego por goteo en el cual se suministraron los productos (biohumic y agrobacilo) al momento del trasplante

Tabla 1. Resumen de los datos de recolección del chile chiltepín *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* de chiltepín cosechado en diferentes condiciones agronómicas*.

Locación	Código	Ubicación geográfica	Medio Ambiente
			Tipo de Vegetación, Clima, Precipitación y Suelo
San Pedro	SPE	27°03'52.8"N 118°43'14.2"W	Silvestre: Perteneció al municipio de Álamos, Sonora. Presenta una temperatura promedio anual de 23,1 °C. Ubicado a 444 msnm, con un tipo de vegetación denominado selva baja caducifolia. Ocasionalmente se presentan heladas. Con una precipitación media anual de 710,0 milímetros, con un tipo de suelo de Regosol.
Aconchi	ACO	29°49'29"N 110°13'28"W	Invernadero: Municipio de Sonora. Se ubica a 583 msnm, presenta una temperatura promedio anual de 21,1 °C, con un tipo de vegetación denominado matorral subtropical. Ocasionalmente se presentan heladas y granizadas en el invierno. Tiene una precipitación anual de 450 milímetros, con un tipo de suelo de Regosol.
Tecoripa	TEC	28°37'27"N 109°57'13"W	Silvestre: Perteneció al Municipio de La Colorada. Se ubica a 400 msnm y presenta una temperatura promedio anual de 18,5 °C. Predomina un tipo de vegetación denominado mezquital. Presenta ocasionalmente heladas. Tiene una precipitación media anual de 349.7 milímetros, con un tipo de suelo de Regosol.
Hermosillo	HMO	29°03'15.4"N 110°43'00.85"W	Rodal de mezquites: Recolectado en Hermosillo, Sonora. Precipitación media anual de 330 mm y temperatura promedio de 24 °C, con un tipo de vegetación denominado matorral arborescente. Ocasionalmente se presentan heladas y granizadas en el invierno. Con una precipitación media anual de 386,9 milímetros y un tipo de suelo de Regosol.
Mazocahui	MAZ	29°06'30"N, 110°10'30"W	Silvestre: Perteneció al municipio de Baviácora. Se ubica a 475 msnm. Su temperatura anual es de 22,7 °C, con un tipo de vegetación denominado matorral subtropical. Se presentan heladas y granizadas ocasionalmente en invierno. Tiene una precipitación media anual de 321,5, con un tipo de suelo de Regosol.

y agua. Con un gasto de 1.6 l/ha, en total se utilizaron 44,800 l/h cada 3 días. La densidad de las plantas de chiltepín en el invernadero fue de 33 plantas por surco. Se hicieron 80 surcos dentro del invernadero con un total de 2.640 plantas. Después del trasplante se aplicó 1 litro de agrobacilo/ha. Una vez que las plantas alcanzaron la madurez fisiológica para la producción de chile chiltepín, se realizó la cosecha en el mes de marzo de 2018. Las plantas presentaban una altura de $1,50 \pm 0,10$ metros. La cosecha de chiltepín rojo se realizó cada 3 días, por lo tanto, solo se evaluó el rendimiento durante los 27 días. Únicamente 150 plantas fueron evaluadas al azar en cada cosecha.

Chiltepín cultivado silvestre

Con fines comparativos en este estudio se recolectaron chiles chiltepines de tres áreas silvestres que se localizan en los municipios San Pedro, Álamos (sur de Sonora), Tecoripa, La Colorada y la localidad de Mazocahui del municipio Baviácora (norte de Sonora). Los chiles

se cultivaron de forma silvestre (Tabla 1). El chiltepín verde y el maduro (rojo) se recolectaron de las plantas directamente utilizando unas tijeras para no estresarlas de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010; Mc Caughey *et al.*, 2017). Posteriormente fueron deshidratados a la intemperie directamente al sol. Los frutos fueron almacenados a 25 °C en bolsas de polietileno, para los análisis posteriores.

Análisis de chiles chiltepines

Rendimiento

Se evaluó únicamente el rendimiento de los frutos maduros deshidratados de los chiltepines cosechados bajo el rodal de mezquites e invernadero (se consideraron 150 plantas al azar de cada cosecha).

Porcentaje de viabilidad de semillas (%V. S.)

Se llevó a cabo por el método bioquímico de la prueba de tetrazolio (2,3,5 cloruro de trifetil

tetrazolio) (CTT). La clasificación fue considerada según ISTA (2014), que establece las siguientes categorías:

Semillas con capacidad germinativa

Se considerarán las semillas que tienen el embrión y endospermo con color (viable) o el embrión rojo y la mitad o más del endospermo coloreado.

Semillas sin capacidad de germinación

Las semillas que tienen un color pálido o moteado, embrión o radícula incolora (no viable), se consideran la mitad o más de los embriones o el endospermo incoloro. A partir de estos resultados, se calculó el porcentaje de viabilidad, donde se utilizó la siguiente fórmula: SCG: Semillas con capacidad germinativa.

ST: Semillas tratadas. % de viabilidad = SCG X100

Calibre de fruto

Se midió el calibre en 100 frutos frescos y maduros deshidratados al azar utilizando un vernier Modelo CD-6CSX (Mitutoyo Absolute).

Número de semillas por fruto

Los chiles se abrieron longitudinalmente con un bisturí, cuidando de no dañar las semillas, y se realizó el conteo.

Análisis fisicoquímicos

Los sólidos solubles totales (SST) se determinaron de acuerdo a la AOAC método 932.14 (1998), en un refractómetro digital automático (Modelo PR-101, ATAGO CO LTD, Japón) con escala 0-38%. Los valores se reportaron en grados Brix (°Brix). Los valores de pH se determinaron con un potenciómetro digital (HI 2211, Hanna Instruments Inc. UK).

Acidez titulable

Se determinó usando el método 942.15 descrito por la AOAC (2008). Los resultados se expresan en (%) de ácido cítrico.

Color

Las mediciones de color de las muestras se llevaron a cabo con un colorímetro Minolta (CR 300, Minolta, Japón). Se evaluaron los parámetros de L = luminosidad; +a = rojo, -a = verde, +b = amarillo, -b = azul). Los parámetros se determinaron mediante 10 mediciones en cada muestra. Los valores de Hue, ΔE y croma se calcularon utilizando tres ecuaciones: Hue = $\tan^{-1}(b/a)$, $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$ y croma = $(a^2+b^2)^{1/2}$ (Buitimea-Cantúa *et al.*, 2019).

Plantas y enfermedades

Las plantas y enfermedades fueron monitoreadas durante esta investigación.

Diseño experimental

Para evaluar las diferencias entre el número de semillas presentes en los chiltepines, tamaño de los chiles, viabilidad de las semillas, propiedades fisicoquímicas (pH, sólidos solubles totales y acidez) y parámetros de color (L, a, b, tono, croma y ΔE) de las distintas áreas de estudio, se utilizó un diseño de experimentos completamente al azar. Se consideraron cinco repeticiones de cada análisis. Los datos se examinaron mediante un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de significación de $P < 0,05$. Se realizó un análisis de comparación de media por la prueba de Tukey-Kramer con un alfa de 0,05%. Se utilizó el paquete estadístico JMP 5.0.1a (JMP, 2011).

Resultados y discusión

Porcentaje de viabilidad de las semillas de chiltepín

La concentración de tetrazolio ($C_{19}H_{15}ClN_4$) y el tiempo de inmersión afectaron significativamente ($P < 0,05$) la viabilidad de las semillas del chile chiltepín de los diferentes sitios de estudio. Las semillas procedentes de SPE, HMO ACO, MAZ y TEC mostraron del 92 al 97% de viabilidad después de 24 h de inmersión en tetrazolio al 2%. La menor viabilidad de las semillas (84 al 89%) se observó a las 24 h con tetrazolio al 1% (Figura 1). Las semillas de los chiles recolectados en MAZ (silvestre) mostraron la menor viabilidad

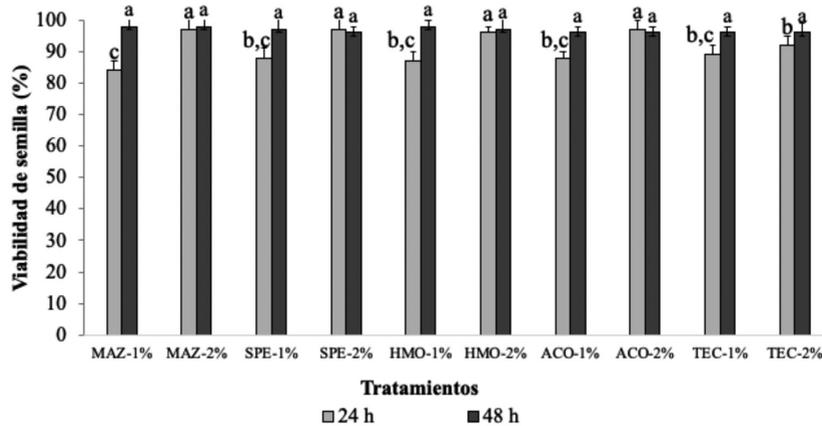


Figura 1. Viabilidad de las semillas de chile chiltepin sumergidas en tetrazolio al 1 y 2% por un tiempo de inmersión de 24 y 48 h.

(84%). No se presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) al evaluar la viabilidad de las semillas después de 48 h de inmersión con tetrazolio al 1 y 2% la cual fue de 96 a 98%. Estos resultados sugieren que se puede utilizar la concentración de tetrazolio al 1% por un periodo de inmersión de 48 h para obtener una viabilidad arriba del 90%.

Al analizar las semillas viables y no viables en un estereoscopio a las 24 h de inmersión con tetrazolio, se observó una coloración rojiza dentro de la semilla, lo cual indicó que estaba viva. La semilla no viable presentó nula coloración (embrión muerto) (Figuras 2A-B), por lo tanto, no reaccionó con la solución de tetrazolio conservando su color natural (Victoria *et al.*, 2006; Takao *et al.*, 2017). Se registraron diferencias significativas ($P > 0,05$) en el número de semillas no viables a las 48 h con tetrazolio al 1%. Las semillas de los chiles recolectados de TEC, ACO y SPE presentaron 4% y para HMO y MAZ un 2%. Las semillas del sitio de MAZ mostraron un 2% a las 48 h de inmersión con tetrazolio al 2%, las semillas de HMO presentaron un 3% y las semillas de ACO, TEC y SPE un 4% (Figura 2C). Estos resultados evidencian que se puede utilizar la concentración de tetrazolio al 1% con un tiempo de inmersión de 48 horas para una mejor viabilidad. Asimismo, se observó que al incrementar la concentración de tetrazolio, los embriones muestran mayor intensidad de color (rojo). El color rojo característico de esta prueba se forma de la reducción de la sal del tetrazolio a formazan indicando que existe respiración celular y, por lo tanto, que la semilla es viable (Salazar y Gélves, 2015). En las semillas con 2%

de tetrazolio se presentó una mayor actividad en los tejidos vivos, lo cual indica que el tiempo de exposición de los tejidos a la sal de tetrazolio influye en la imbibición y en las reacciones de óxido-reducción (Espitia-Camacho *et al.*, 2017).

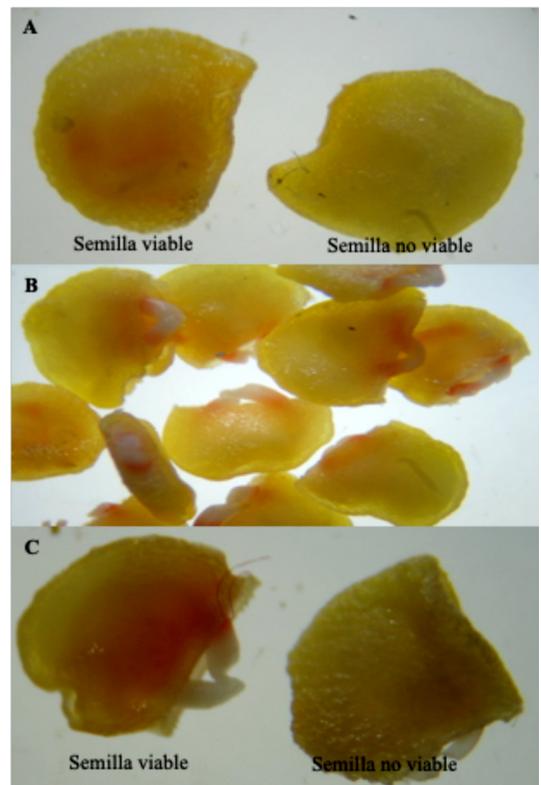


Figura 2. A) Viabilidad de las semillas de chile chiltepin a 24 h de germinación. B) Semillas de chiltepin viables. C) Viabilidad de las semillas de chile chiltepin a 48 h de germinación.

Además, al observar el grado de coloración de las partes de la semilla, se puede determinar la presencia, localización y naturaleza de las alteraciones en los tejidos de esta. Sin embargo, es importante señalar que la preparación de la semilla es fundamental (Prieto *et al.*, 2011; Espitia-Camacho *et al.*, 2017). Resultados similares han sido reportados en semillas de plantas de pino blanco (*Pinus tropicalis*), timbó colorado (*Enterolobium contortisiliquum*), guapurú (*Plinia trunciflora*) y catanduva (*Piptadenia moniliformis*) (Bonilla, 2014; Craviotto *et al.*, 2009; Hossel *et al.*, 2013; de Azeredo *et al.*, 2011).

Rendimiento de la producción de chiltepín maduro

El rendimiento de la producción de chile chiltepín maduro es muy importante debido a su alta demanda en el mercado y mayor vida de anaquel. El rendimiento de los chiltepines secos se afectó significativamente ($P > 0,05$) por las condiciones del cultivo. Se evaluó por planta y por la producción de 150 plantas. El rendimiento de chiles cosechados cada tercer día en condiciones de invernadero (ACO) fue 1,45 veces mayor comparado con el de los cosechados bajo rodal (HMO). Los chiltepines de ACO presentaron un rendimiento de 392 g por planta obteniéndose un rendimiento total de 58,80 kg, con una densidad de 150 plantas cultivadas. El rendimiento de los chiltepines de HMO por planta fue de 273 g por planta con un rendimiento total de 40,95 kg por 150 plantas (datos no mostrados). Al estimar la producción de los chiles chiltepines cosechados en invernadero sería de 2,069.76 kg ha⁻¹ con una densidad de 5,280 plantas por ha. Mientras que en la producción bajo el rodal de mezquites, el rendimiento de chiltepín seco sería de 161,61 kg ha⁻¹ considerando una densidad de 592 plantas por ha. Resultados similares han sido reportados por Samaniego (1983) al obtener una fluctuación en el rendimiento del fruto de chiltepín maduro de 171 a 282 g por planta.

El chile chiltepín puede ser propuesto como un cultivo bajo un sistema agroforestal redituable, tomando en cuenta las condiciones apropiadas para la plantación de esta especie. De acuerdo al establecimiento como cultivo de chiltepín, se han efectuado algunos trabajos en diferentes distritos de riego del estado de Sonora. Sin embargo, en

experimentos realizados por distintos Campos Experimentales del INIFAP, no se ha tenido el éxito que se esperaba. De acuerdo con diversos estudios, el chiltepín tiene más éxito si se establece en malla sombra con paredes de malla antiáfidos (Morales-Cuen *et al.*, 2005), o bajo mallas sombras de colores (Reyes-Acosta *et al.*, 2018). Sin embargo, tiene la desventaja del costo inicial en infraestructura, cuando se compara con el establecimiento en rodales, por lo que es necesario calcular y cotejar la rentabilidad en ambos sistemas de producción.

Número de semillas por fruto

Se observaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre el número de semillas de los chiltepines cultivados bajo tres condiciones agronómicas. El número de semillas fue mayor entre los chiles cosechados en invernadero (ACO), bajo el rodal de mezquites (HMO) y silvestres (SPE) de 21,00 a 21,67 respecto a los cosechados de manera silvestre (MAZ y TEC) (12,33) (Figura 3A). Esto podría atribuirse a las condiciones de humedad y temperatura presentes en las áreas de cultivo así como a la variabilidad genética de los chiles chiltepines.

Calibre del chiltepín fresco y maduro

La medición del calibre es un índice de calidad de un producto agrario alimenticio. No se presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) en los calibres de los chiltepines frescos y maduros colectados bajo diferentes condiciones de cultivo. Los chiltepines frescos mostraron calibres entre 7,15 y 7,30 mm (Figura 3B). Los frutos frescos (verdes) registraron calibres aceptables para la demanda del mercado. Los calibres de los frutos maduros fueron de 7,16 a 7,34 mm. Es importante mencionar que solo se aplicó agroquímico Confidor para el control de los insectos en las plantaciones del rodal de mezquites, lo cual indica que las condiciones de temperatura, luz y humedad en las diferentes áreas de cultivo fueron suficientes para obtener calibres aceptables de chiles similares a los chiltepines silvestres.

Análisis fisicoquímicos

Las condiciones de cultivo de los chiltepines (invernadero, silvestre y bajo el rodal de mezquite)

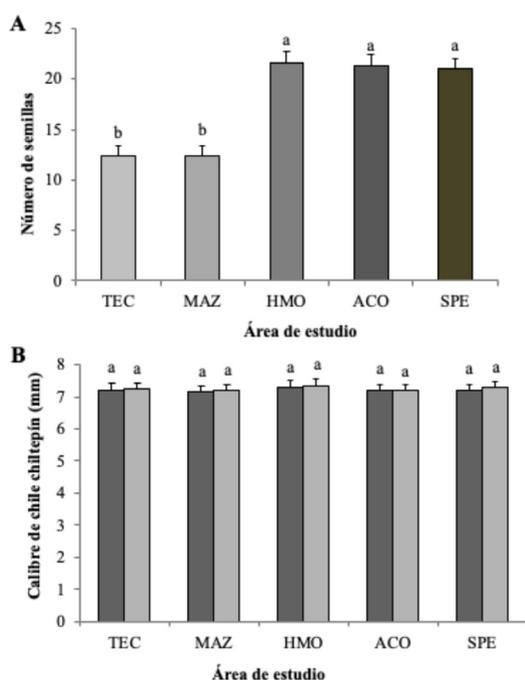


Figura 3. A) Número de semillas. B) Calibre de chiles chiltepin cosechados bajo diferentes condiciones.

afectaron significativamente ($P > 0,05$) los valores del potencial de hidrógeno (pH) y acidez (% de ácido cítrico) (Tabla 2). Los chiltepin recolectados en ACO (condiciones de crecimiento de invernadero) presentaron un mayor valor de pH (6,0) comparados con los recolectados en PAL (condiciones de crecimiento silvestre) y HMO (colectados bajo un rodal de mezquite), los cuales mostraron valores menores de pH (5,5). No se

observaron diferencias significativas ($P > 0,05$) en los sólidos solubles totales (0,5 °Brix) de los chiltepin. Con respecto al contenido de acidez titulable, los chiles recolectados en PAL, TEC, MAZ y HMO presentaron los mayores valores de acidez (0,27 a 0,30% de ácido cítrico). Estos chiltepin fueron cultivados bajo condiciones silvestres y bajo el rodal de mezquites (HMO). Los chiltepin cultivados bajo condiciones de invernadero (ACO) presentaron menor acidez (0,24% de ácido cítrico). La acidez titulable del chile chiltepin se atribuye principalmente al contenido de ácido ascórbico por ser un fruto rico en Vitamina C y a medida que el fruto se vuelve senescente la degradación de este ácido es mayor (Dürüst *et al.*, 1997). Resultados similares de contenido de acidez se han reportado en chiltepin cultivados en campo bajo malla sombra de color azul (0,29% de ácido cítrico) (Reyes-Acosta *et al.*, 2018). Posiblemente el chiltepin ACO bajó su contenido de acidez por las aplicaciones de fertilización y/o la cantidad de horas luz que hubo en el invernadero. En cambio los chiles chiltepin silvestres y de rodal de mezquite tuvieron sus horas luz necesarias bajo árboles y sin la aplicación de fertilizantes.

Color

Las condiciones de cultivo de los chiltepin maduros y deshidratados (invernadero, silvestre y bajo el rodal de mezquite) afectaron significativamente ($P > 0,05$) los parámetros de color L , a , b , hue, croma y ΔE . Los chiles recolectados en HMO (condiciones de crecimiento bajo un rodal de mezquites) presentaron mayor luminosidad ($L = 37,84$) y fueron más rojos

Tabla 2. pH, sólidos solubles totales, acidez y parámetros de color (L , a , b , Hue, Croma y valores de ΔE) de chiles chiltepin cultivados bajo diferentes condiciones*

Tratamientos	pH	SST (°Brix)	Acidez titulable (%)	Parámetro de color					
				L	a	B	Hue	Croma	ΔE
SPE	5,50 ± 0,01 ^C	0,5 ± 0,01 ^A	0,30 ± 0,03 ^A	23,08 ± 0,55 ^D	15,07 ± 1,20 ^D	13,83 ± 0,24 ^D	0,74 ± 0,03 ^A	20,46 ± 1,04 ^D	77,43 ± 0,50 ^A
ACO	6,00 ± 0,01 ^A	0,5 ± 0,01 ^A	0,24 ± 0,02 ^B	26,80 ± 0,59 ^C	21,54 ± 1,57 ^C	22,80 ± 3,13 ^C	0,81 ± 0,03 ^A	31,38 ± 3,34 ^C	77,46 ± 0,73 ^A
TEC	5,70 ± 0,01 ^B	0,5 ± 0,01 ^A	0,28 ± 0,03 ^A	31,80 ± 1,69 ^B	26,25 ± 2,13 ^{B,C}	27,44 ± 3,34 ^{B,C}	0,81 ± 0,03 ^A	37,99 ± 2,97 ^{B,C}	75,82 ± 1,98 ^A
HMO	5,50 ± 0,01 ^C	0,5 ± 0,01 ^A	0,30 ± 0,03 ^A	37,84 ± 0,55 ^A	35,70 ± 1,94 ^A	37,47 ± 0,28 ^A	0,81 ± 0,03 ^A	51,85 ± 1,13 ^A	78,79 ± 1,13 ^A
MAZ	5,80 ± 0,01 ^B	0,5 ± 0,01 ^A	0,27 ± 0,04 ^A	23,87 ± 1,60 ^D	15,25 ± 2,13 ^D	13,47 ± 2,39 ^D	0,72 ± 0,02 ^A	20,83 ± 3,01 ^D	77,83 ± 2,40 ^A

^A Diferentes letras mayúsculas dentro de cada columna indican diferencias significativas ($P < 0,05$). Media ± DE (n-3). L = intensidad de color, $L = 100$ para luminosidad y 0 para oscuridad; + a = incremento de rojo, -a = incremento de verde; + b = incremento de amarillo, -b = incremento de azul; Hue = $\tan^{-1}(b/a)$; Croma = $(a^2 + b^2)^{1/2}$; $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$. SST = sólidos solubles totales.

($a = 35,70$) comparados con los recolectados en SPE (condiciones de crecimiento silvestre), los cuales fueron más oscuros ($L = 23,08$) y menos rojos ($a = 15,07$) (Tabla 2). No se observaron diferencias significativas ($P > 0,05$) en los parámetros de hue y ΔE en los chiltepines analizados. Las coloraciones rojizas son características en el chiltepín maduro y deshidratado (recién cosechado) y representan uno de los atributos de calidad más importantes (Martínez *et al.*, 2006). La presencia de pigmentos rojos en la cáscara (parte externa de los chiles chiltepines) se atribuye a los carotenoides. Los carotenoides como *capsantina*, *capsorubina* y *capsantina* son producto del metabolismo vegetal y proporcionan los colores naranja, rojo y amarillo característicos de los chiles (Hornero y Mínguez, 2001). Los carotenoides tienen una fuerte demanda por sus beneficios para la salud como antioxidantes, expectorantes, descongestionantes y fungicidas en frutos (Mohd Hassan *et al.*, 2019). Todos los pigmentos responsables del color de los chiles tienen características de cromóforos como resultado de su sistema de dobles enlaces conjugados en sus moléculas (Vera-Guzmán *et al.*, 2011). Sin embargo, los resultados de color de chile chiltepín maduro recolectado en Mazocahui, Sonora, México, en 2010, bajo condiciones silvestres, fueron diferentes a los reportados por Montoya-Ballesteros *et al.* (2010) ($L = 27$; $a = 30$; $b = 38,7$). Los chiltepines presentaron mayores coloraciones rojas y luminosidad comparados con los de este estudio ($L = 23,87$; $a = 15,25$; $b = 13,47$). Similarmente, los chiltepines cosechados en 2011 en Álamos, Sonora, México, mostraron menor luminosidad y mayores coloraciones rojas ($L = 16,6$; $a = 20$; $b = 23,5$) que los chiles utilizados en este estudio de esa misma región ($L = 23,08$; $a = 15,07$; $b = 13,83$) (Rochin-Wong *et al.*, 2013). Estas diferencias podrían atribuirse principalmente a la variabilidad en la ubicación geográfica y a las propiedades físicas de los chiles chiltepines que afectan los parámetros de color. En lo que respecta a los chiltepines del rodal, su color rojo puede deberse a la cantidad de luz presente bajo el rodal de mezquites y la sombra que estos proporcionaron durante su maduración, como también las labores agronómicas que se realizaron.

Plagas y enfermedades

En los cultivos de chiles chiltepines de invernadero y rodal de mezquite se reportaron

las plagas de insectos minador de la hoja (*Liriomyza* spp.), araña roja roja (*Tetranychus* spp.) y mosquita blanca (*Bemisia tabaci*). En el cultivo de invernadero se observó también pulgón (*Myzus persicae* Sulzer) y picudo (*Anthonomus eugenii* Cano), y en el rodal de mezquites piojo harinoso (*Planococcus* sp.). Para el control de insectos en el invernadero se aplicaron los siguientes productos agroquímicos: Abametrina, Bulldock, Picador® 70 PH y Talstar® 100 CE-FMC. En el rodal se utilizó Confidor, además de productos orgánicos como extractos de ajo (*Allium sativum*), neem (*Azadirachta indica* A. Juss) y tabaco (*Nicotiana tabacum*).

Conclusiones

La producción de chiles chiltepines cosechados bajo condiciones de invernadero fue mayor que en rodal de mezquites. Sin embargo, el manejo agronómico implementado en el rodal de mezquite permite obtener chiltepines con un color rojo brillante intenso, que es una característica deseable en la comercialización del producto. Asimismo es posible concluir que el manejo agronómico es un factor muy importante en la obtención de otras características fisicoquímicas como el pH y acidez (%). Los chiltepines recolectados bajo condiciones de crecimiento de invernadero presentaron un mayor valor de pH comparados con los recolectados en condiciones de crecimiento silvestre y bajo un rodal de mezquite. Sin embargo, el contenido de acidez de los chiltepines recolectados bajo condiciones de invernadero mostraron menor acidez (0,24% de ácido cítrico). El número de semillas de los chiles chiltepines cultivados en condiciones de invernadero y bajo el rodal de mezquites fue mayor comparado con los chiles silvestres. Por lo tanto, los chiltepines (*Capsicum annum* var. *glabriusculum*) cultivados en los rodales de mezquites pueden servir como bancos de germoplasma destinada a la producción de semilla de buena calidad para el establecimiento de nuevas plantaciones.

Agradecimientos

A la Ing. Karla Alday Bustamante y Blanca T. Córdova Encinas, por el apoyo brindado en la localización y colecta de los chiles chiltepines silvestres.

Literatura Citada

- AOAC.
2008. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, 15th edition, association of official analytical chemists, Arlington, 1990. 1058-1059 pp.
- Bañuelos, N.; Salido, P.L.; Gardea, A.
2008. Etnobotánica del chiltepín: pequeño gran señor en la cultura de los sonorenses. *Estudios sociales*, (Hermosillo, Son.) 16 (32): 177-205.
- Bonilla V.M.
2014. Variación del peso y viabilidad de las semillas de *Pinus tropicalis* para diferentes procedencias. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 2(1) 89-96.
- Buitimea-Cantúa, N.E.; Antunes-Ricardo, M.; Villela-Castrejón, J.; Gutiérrez-Urbe, J.A.
2019. Changes in cellular antioxidant and anti-inflammatory activity after 12 months storage of roasted maize-based beverages supplemented with nejayote solids. *Journal of Cereal Science*, 89: 102807.
- CONAFOR.
2020. Glosario. Comisión Nacional Forestal. Disponible en: http://www.conafor.gob.mx/innovacion_forestal/?page_id=436 Consultado:
- Craviotto, R.M.; Arango, M.R.; Gallo, C.
2009. Topographic Tetrazolium Test for Soybean. Suplemento Especial N° 1 Revista Análisis de Semillas. Argentina. 96 p.
- de Azeredo, G.A.; de Paula, R.C.; Valeri, S.V.
2012. Viabilidade de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. pelo teste de tetrazólio. *Journal of Seed Science*, 33(1): 61-68.
- Dürüst, N.; Sümen, D.; Dürüst, Y.
1997. Ascorbic acid and element contents of foods of Trabzon (Turkey). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(6): 2085-2087.
- Espitia-Camacho, M.; Cardona-Ayala, C.; Araméndiz-Tatis, H.
2017. Morfología y viabilidad de semillas de *Bombacopsis quinata* y *Anacardium excelsum*. *Cultivos Tropicales*, 38(4): 75-83.
- Hornero-Méndez, D.; Mínguez-Mosquera, M.I.
2001. Rapid spectrophotometric determination of red and yellow isochromic carotenoid fractions in paprika and red pepper oleoresins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 3584-3588
- Hössel, C.; de Oliveira, J.S.M.A.; Fabiane, K.C.; Wagner-Júnior, A.; Citadin, I.
2013. Conservação e teste de tetrazólio em sementes de jabuticabeira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35(1): 255-61.
- Howard, L.R.; Talcott, S.T.; Brenes, C.H.; Villalon, B.
2000. Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum* species) as influenced by maturity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(5) 1713-1720.
- ISTA.
2014. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association. Bassersdorf, Suiza. 272 p.
- JMP.
2011. The Statistical Discovery Software. SAS institute Inc. Ver. 5.0.1ª.
- Martínez, L.; Cilia, L.; Beltrán, J.A., Roncales, P.
2006. Effect of *Capsicum Annum* (Red Sweet and Cayenne) and *Piper nigrum* (Black and White) pepper powders on the shelf life of fech pork sausages packaged in modified atmosphere. *Journal of Food Science*, 71: 48-53
- McCaughey-Espinoza, D.M.; Ayala Astorga, G.I.; Velázquez-Caudillo, J.; Anaya-Islas, J.; Canseco-Vilchis, E.
2017. Creación de un jardín botánico y de árbol madre de arbustivas forrajeras nativas del estado de Sonora. *Idesia (Arica)*, 35(4) 35-45.
- Montoya-Ballesteros, L.C.; Gardea-Bejar, A.; Ayaya-Chávez, G.M.; Martínez-Núñez, Y.; Robles-Ozuna, L.E.
2010. Capsaicinoides y color en chile chiltepín (*Capsicum annuum* var. *aviculare*): Efecto del proceso sobre salsas y encurtidos. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 9(2): 197-207.
- Mohd Hassan, N.; Yusof, N.A.; Yahaya, A.F.; Mohd Rozali, N.N.; Othman, R.
2019. Carotenoids of *Capsicum* fruits: Pigment profile and health-promoting functional attributes. *Antioxidants*, 8(10) 469.
- Méndez, J.P.; García, F.P.; Cervantes, N.H.; Soto, J.M.D.; Gutiérrez, A.D.R.
2011. Métodos comparativos del poder germinativo en *Hordeum distichon* L. calidad maltera. *Multiciencias*, 11(2): 121-118.
- Reyes-Acosta, D.J.; Pinedo-Espinoza, J.M.; Robledo-Torres, V.; Mendoza-Villarreal, R.; López-Palestina, C.U.; Hernández-Fuentes, A.D.
2018. Propiedades fisicoquímicas y actividad antioxidante de chiltepín cultivado bajo mallas sombra de colores. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3: 535-540.
- Rochín-Wong, C.S.; Gámez-Meza, N.; Montoya-Ballesteros, L.C.; Medina-Juárez, L.A.
2013. Efecto de los procesos de secado y encurtido sobre la capacidad antioxidante de los fitoquímicos del chiltepín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 12(2): 227-239.
- Salazar-Mercado, S.A.; Gélvez-Manrique, J.D.
2015. Determining the viability of orchid seed using the tetrazolium and carmin índigo tests. *Revista de Ciencias*, 19(2): 59-69.
- Salles, C.G.B.; Pedrosa, S.A.Z.; Bianchetti, L.B.; Machado, F.R.B.; Ferreira, M.E.
2003. Genetic variability and phylogenetic analysis of Brazilian Species of *Capsicum*. *Capsicum and Eggplant Newsletter* 22: 13-16.
- Samaniego, R.J.A.
1983. Evaluación de cuatro especies silvestres perennes en el Valle del Mayo, Sonora. Reporte Técnico. Archivo Técnico. SARH-INIACIANO, Campo Agrícola Experimental Valle del Mayo. México.
- Morales-Cuen, A.; Márquez-Castillo, A.; Molina-Maldonado, C.
2010. Técnicas para el establecimiento y producción de chiltepín silvestre, bajo un sistema agroforestal en Sonora, México: *Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill. *Valle del Yaqui: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*, 7: 36-37

SEMARNAT.

2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.

Takao, S.; Bonome, T., Castillo, C.; Barbosa, N.

2017. Refining the tetrazolium test for evaluation of *Cattleya labiata* and *C. tigrina* seeds viability. *Australian Journal of Crop Science*, 11(10) 1320-1326.

Vera-Guzmán, A.M.; Chávez-Servia, J.L.; Carrillo-Rodríguez, J.C.; López, M.G.

2011. Phytochemical evaluation of wild and cultivated pepper (*Capsicum annuum* L. and *C. pubescens* Ruiz & Pav.) from Oaxaca, Mexico. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 71(4) 578.

Victoria, J.A.

2006. Viabilidad en tetrazolio de semillas de caléndula y eneldo. *Acta agronómica*, 55(1): 31-41.