



PHENOTYPIC CHARACTERIZATION OF CHILI PEPPERS NATIVE TO THE MOUNTAIN REGION, GUERRERO, MÉXICO †

[CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE CHILES NATIVOS DE LA REGIÓN MONTAÑA, GUERRERO, MÉXICO]

Ismaela Guzmán-Olea¹, Juan Elías Sabino-López¹,
Oscar Martín Antúnez-Ocampo^{2*}, Natividad Delfina Herrera-Castro¹,
Mariana Espinosa-Rodríguez¹ and Mirna Vázquez-Villamar¹

¹Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local. Universidad Autónoma de Guerrero. Carr. Iguala-Tuxpan, km 2.5. Iguala de la Independencia, Guerrero, México. C.P. 40101.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Iguala. Carr. Iguala-Tuxpan, km 2.5. Iguala de la Independencia, Guerrero, México. C. P. 40000. Email: antunez.oscar@inifap.gob.mx

*Corresponding author

SUMMARY

Background. In Mexico, there are variants of chili peppers (*Capsicum* spp.) in terms of shape, flavor, size and pungency, where the greatest diversity of native chili peppers is found in rural communities of the Mexican tropics. **Objective.** To characterize the phenotypic parameters of eight genotypes of native chili peppers from Olinalá, located in the mountain region of the state of Guerrero. **Methodology.** Eight materials collected from chili peppers were planted under greenhouse conditions, in a completely randomized design, with six replicates, three plants per experimental unit and a distance between plants and rows of 40 cm. The plants were established in a greenhouse, in a black polyethylene bag, with mountain soil as a substrate. **Results.** The genotypes Cascabel (CAS), Gallo gallina mediano (GGM), Gallo gallina grande (GGG) and Larguillo grande (LG) presented erect growth, Chilaca (CHI) of intermediate type, and Larguillo chico (LCH), Serrano (S) and Mochiteco (M) were compact. All genotypes have a green cylindrical stem and dense branching, lanceolate leaves (except M, which had oval leaves), with one flower per axil in an erect position and white, except CAS, which has light yellow flowers. The shape of the fruit varied between triangular (GGM, GGG and M), elongated (LGH, LG and S), round (CAS) and bell-shaped (CHI), and red when ripe. The genotypes that registered the largest plant and leaf size were LG, S, GGG and LCH. On the other hand, the largest fruit size was recorded in CHI with a fruit length of 8.53 cm; fruit width of 5.96 cm, and LG with fruit length of 8.67 cm; fruit width of 5.92 cm; while the fresh weight was higher in CHI (33.55 g), GGG (23.50 g) and GGM (22.60 g). **Implications.** The study provides information on the behavior of qualitative and quantitative morphological aspects of chili peppers grown in Teticic, Olinalá, in the state of Guerrero. In the same way, it allows to assess the possibility of selecting outstanding materials. **Conclusions.** The chili genotypes showed variability in different qualitative and quantitative characteristics of the plant, leaf, flower and fruit, so they are an alternative to select outstanding materials to design a program for the improvement and conservation of these genetic resources.

Key words: *Capsicum*; diversity; fruits; genotypes; morphology; Olinalá.

RESUMEN

Antecedentes. En México, existen variantes de chiles (*Capsicum* spp.) en cuanto a forma, sabor, tamaño y pungencia, donde la mayor diversidad de chiles nativos se encuentra en comunidades rurales del trópico mexicano. **Objetivo.** Caracterizar los parámetros fenotípicos de ocho genotipos de chiles nativos de Olinalá, ubicado en la región Montaña del estado de Guerrero. **Metodología.** Ocho materiales colectados de chiles se sembraron en condiciones de invernadero, en un diseño completamente al azar, con seis repeticiones, tres plantas por unidad experimental y distancia entre plantas e hileras de 40 cm. Las plantas se establecieron en invernadero, en bolsa negra de polietileno, con tierra de monte como sustrato. **Resultados.** Los genotipos Cascabel (CAS), Gallo gallina mediano (GGM), Gallo gallina grande (GGG) y Larguillo grande (LG) presentaron crecimiento erecto, Chilaca (CHI) de tipo intermedio, y Larguillo

† Submitted May 11, 2023 – Accepted February 26, 2024. <http://doi.org/10.56369/tsaes.4945>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID = Ismaela Guzmán-Olea: <http://orcid.org/0009-0007-2638-9965>, Juan Elías Sabino-López: <http://orcid.org/0000-0002-9510-3031>, Oscar Martín Antúnez-Ocampo: <http://orcid.org/0000-0002-9943-1032>, Natividad Delfina Herrera-Castro: <http://orcid.org/0000-0001-8057-5346>, Mariana Espinosa-Rodríguez: <http://orcid.org/0000-0002-1148-0279>, Mirna Vázquez-Villamar: <http://orcid.org/0000-0002-5322-3537>

chico (LCH), Serrano (S) y Mochiteco (M) fueron compacto. Todos los genotipos son de tallo cilíndrico de color verde y ramificación densa, hojas lanceoladas (excepto M, que presentó hoja oval), con una flor por axila en posición erecta y de color blanco, con excepción de CAS que tiene flores de color amarillo claro. La forma del fruto varió entre triangular (GGM, GGG y M), elongada (LGH, LG y S), redondo (CAS) y acampanulado (CHI), y de color rojo al madurar. Los genotipos que registraron el mayor tamaño de planta y hoja fueron LG, S, GGG y LCH. Por otro lado, el mayor tamaño de fruto se registró en CHI con longitud de fruto de 8.53 cm y ancho de fruto de 5.96 cm; LG con longitud de fruto de 8.67 cm y ancho de fruto de 5.92 cm; mientras que, el peso fresco fue mayor en CHI (33.55 g), GGG (23.50 g) y GGM (22.60 g). **Implicaciones.** El estudio aporta información del comportamiento de los aspectos morfológicos cualitativos y cuantitativos de los chiles cultivados en Teticic, Olinalá, perteneciente a la Región Montaña, del estado de Guerrero. De igual forma permite valorar la posibilidad de seleccionar materiales sobresalientes. **Conclusiones.** Los genotipos de chile mostraron variabilidad en distintas características cualitativas y cuantitativas de planta, hoja, flor y fruto, por lo que son una alternativa para seleccionar materiales sobresalientes para diseñar un programa de mejoramiento y conservación de estos recursos genéticos.

Palabras clave: *Capsicum*; diversidad; frutos; genotipos; morfología; Olinalá.

INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum* spp.) es originario de América, donde se concentra la mayor diversidad morfológica del género *Capsicum* (Rodríguez-Campos, 2018); siendo México uno de los centros de domesticación, donde existen variantes en cuanto a forma, sabor, tamaño y pungencia (Castellón-Martínez *et al.*, 2014), características que le han permitido ser de los cultivos de mayor consumo popular (consumo per cápita de 8 a 9 kg) (Castellón-Martínez *et al.*, 2012), especialmente en fresco; además se consume procesado en salsas, polvo y encurtidos. Entre las principales variedades cultivadas se encuentran el jalapeño, serrano, habanero, ancho, mulato, pasilla y piquín (Salinas *et al.*, 2010). También, se cultivan en menor superficie chiles nativos o criollos, que presentan características particulares en cuanto a precocidad, tolerancia y resistencia a factores adversos del clima (sequía o precipitación), tipo de suelo (textura, fertilidad), plagas y enfermedades (Latournerie *et al.*, 2002; Aguirre y Muñoz, 2015). La mayor diversidad de chiles nativos se encuentra resguardada por comunidades rurales del trópico mexicano (estados de Michoacán, Morelos, Guerrero, Oaxaca, Veracruz, Campeche, Yucatán, Chiapas y Quintana Roo) (Katz y Aguilar-Meléndez, 2018); sin embargo, estos chiles son cultivados y utilizados en áreas reducidas y solo son conocidos a nivel regional o local (Aguilar-Rincón *et al.*, 2010).

El conocimiento de la diversidad genética y morfológica de los chiles nativos de México es limitado (Luna-Ruiz *et al.*, 2018) en comparación con la información existente sobre la descripción morfológica y molecular, actividad bioquímica y fisiológica, y de manejo postcosecha en variedades de chiles comerciales (Escalera-Ordaz *et al.*, 2019). Pocos estudios sobre la diversidad fenotípica en chiles nativos se han reportado, entre ellos, se menciona la caracterización del chile Agua (*Capsicum annuum* L.) en Oaxaca, donde se encontró variabilidad en 46 caracteres morfológicos de las colectas en estudio, sobresaliendo el germoplasma de Ocotlán para

incorporarlo a un programa de mejoramiento por sus frutos de mayor tamaño (Martínez-Sánchez *et al.*, 2010). En Tabasco, Ramírez (2021) reportó variabilidad morfológica en 48 colectas de chiles cultivados y silvestres en la Región Usumacinta, siendo los morfotipos Tabaquero y Pico de paloma los más sobresalientes. Salinas *et al.* (2010) observaron diferencias en la morfología y el comportamiento postcosecha del fruto en cuatro tipos de chile Amashito (*C. annuum* var. *glabriusculum*). Por otro lado, Ramírez-Meraz *et al.* (2015) en el norte de Veracruz, sur de Tamaulipas, oriente de San Luis Potosí y noreste de Hidalgo; recolectaron 102 poblaciones de tipos semidomesticados y silvestres pertenecientes a 10 grupos raciales, predominando los grupos Piquín, Piquín huasteco, Chilpaya (Tabasco), Pico de paloma (Ozuluamero), Mirador pico de pájaro y Rayado. En Yucatán, se recolectaron poblaciones criollas de chile habanero (*C. chinense* Jacq.) y chile Xcat'ik (*C. annuum*), las cuales se caracterizaron morfológica y molecularmente (Castillo-Aguilar y López-Castilla, 2019). En el caso del estado de Guerrero, solo existen investigaciones enfocadas al crecimiento y rendimiento del chile apaxtleco (*C. annuum*) (Vázquez-Casarrubias *et al.*, 2011) y la descripción de los aspectos culturales de grupos étnicos y su relación con los frutos de chile (Güemes y Aguilar-Meléndez, 2018; Katz, 2018; Ruiz y Vásquez-Dávila, 2018).

La importancia de la diversidad de chiles nativos en diferentes ámbitos (económico, social y cultural) deriva principalmente en la economía (como fuente de ingreso) y alimentación (guisos tradicionales o regionales) de los agricultores de zonas rurales del trópico mexicano (Pérez *et al.*, 2016); además de sus usos medicinales, ornamentales, religiosos y espirituales en las comunidades donde se cultivan (Montaño-Lugo *et al.*, 2014). Por lo anterior, es esencial realizar la identificación, caracterización y evaluación de diferentes genotipos de chile existentes en el estado de Guerrero, conocimiento que a futuro servirá como base para la conservación, mejoramiento genético y mayor utilización (Martínez-Sánchez *et al.*,

2010; Leyva-Ovalle *et al.*, 2018). El objetivo de la investigación fue caracterizar los parámetros morfológicos de ocho genotipos de chiles nativos de Teticic, Olinalá, Guerrero. La hipótesis planteada fue que al menos un genotipo presenta diferente crecimiento y características morfológicas de planta, flor y fruto que el resto de los materiales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se utilizaron ocho genotipos de chile nativo localmente conocidos como Cascabel (CAS), Gallo gallina mediano (GGM), Chilaca (CHI), Larguillo grande (LG), Gallo gallina grande (GGG), Serrano (S), Mochiteco (M) y Larguillo chico (LCH). Estos materiales se recolectaron en el año 2019 en la localidad de Teticic, municipio de Olinalá, que corresponde a la región Montaña del estado de Guerrero. Esta se ubica a 1285 m de altitud a los 98° 50' 34.2" LN y 17° 52' 02.7" LO.

Establecimiento y manejo del experimento

El trabajo se realizó en invernadero cenital, cubierto con malla antiáfidos en las paredes y plástico blanco en el techo, con 70% de transmisión de luz, ubicado en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Autónoma de Guerrero, unidad Tuxpan a 18° 20' 51" LN y 99° 30' 32" LO; a 758 m de altitud. El 28 de octubre de 2020 se realizó la siembra en charolas de polipropileno de 200 cavidades, como sustrato se usó turba; se depositaron de dos a tres semillas por cavidad y se cubrieron con el mismo sustrato. Desde que las plántulas emergieron hasta su trasplante se regaron manualmente dos veces al día, con agua potable (pH: 7.6; CE: 0.5 dS m⁻¹). El trasplante se realizó a los 48 días después de la siembra (dds), cuando las plántulas presentaron de 15 a 20 cm de altura y de cuatro a seis hojas verdaderas; se colocaron en bolsas de polietileno color negro de 12 L de volumen, rellenas con tierra de monte (pH de 7.11; CE de 4.78 dS m⁻¹). Los ocho genotipos de chile se establecieron en un diseño completamente al azar con seis repeticiones, la unidad experimental consistió de tres plantas representativas de cada genotipo establecidas a 40 cm entre plantas e hileras. El tutorio se realizó a los 15 días después del trasplante (ddt), con rafia sujeta a la estructura del invernadero. El riego fue manual, aplicando un promedio de 2 L de solución nutritiva (SN) de Steiner (1984) por maceta dos veces al día, cuya concentración se modificó de acuerdo con los requerimientos hídricos y etapa fenológica del cultivo; en etapa vegetativa al 25% (meq L⁻¹: 3.00 NO₃⁻, 0.25 H₂PO₄⁻, 1.75 SO₄⁻, 1.75 K⁺, 2.25 Ca₂⁺, 1.00 Mg₂⁺), 50% en desarrollo de botones florales (meq L⁻¹:

1: 6.00 NO₃⁻, 0.50 H₂PO₄⁻, 3.50 SO₄⁻, 3.50 K⁺, 4.50 Ca₂⁺, 3.00 Mg₂⁺), en floración al 75% (meq L⁻¹: 9.00 NO₃⁻, 0.75 H₂PO₄⁻, 5.25 SO₄⁻, 5.25 K⁺, 6.75 Ca₂⁺, 3.00 Mg₂⁺) y en fructificación al 100% (meq L⁻¹: 12.00 NO₃⁻, 1.00 H₂PO₄⁻, 7.00 SO₄⁻, 7.00 K⁺, 9.00 Ca₂⁺, 4.00 Mg₂⁺). Se utilizaron los fertilizantes nitrato de calcio (Ca(NO₃)₂ · 4H₂O), nitrato de potasio (KNO₃), sulfato de potasio (K₂SO₄), sulfato de magnesio (MgSO₄ · 7H₂O) y fosfato monopotásico (KH₂PO₄).

La prevención y control de mosca blanca y trips se realizó con la instalación de trampas cromáticas y aplicación de productos ecológicos como extracto de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) y ajo (*Allium sativum*); y de Muralla max (Imidacloprid + Betacyflutrin; dosis: 0.4 L ha⁻¹). Durante el desarrollo de las plantas no se presentaron síntomas de enfermedades.

Variables evaluadas

La caracterización fenotípica se hizo con los descriptores de *Capsicum* (IPGRI, 1995), en total se midieron 19 descriptores (Tabla 1). Las características cuantitativas de planta y del fruto se midieron con un flexómetro y vernier digital Truper® modelo CAL-6MP, y una báscula digital Torrey® modelo L-PCR. Los datos se organizaron en una hoja de cálculo de Excel 2010 y se analizaron mediante estadística descriptiva, y de análisis de varianza y de comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Por otro lado, se registró el valor máximo y mínimo en cada característica en cada material genético.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características cualitativas

Los genotipos presentaron crecimiento de tipo erecto (Cascabel, Gallo gallina mediano, Gallo gallina grande y Larguillo grande), intermedio (Chilaca) y compacto (Larguillo chico, Serrano y Mochiteco). Todos presentan tallos cilíndricos de color verde y ramificación densa (mayor de siete ramas), con hojas de color verde de forma lanceoladas (Cascabel, Gallo gallina mediano, Gallo gallina grande, Chilaca, Larguillo chico, Larguillo grande y Serrano) y oval (Mochiteco) (Figura 1; Tabla 2). La forma de hoja de este estudio, difieren con lo observado en dos genotipos de chile dulce (*C. annuum*) que presentó hoja oval (Elizondo-Cabalceta y Monge-Pérez, 2016), y con las hojas ovoide-alargada en chile Jalapeño (*C. annuum*) (Partida y Quezada, 2012). El crecimiento compacto también se ha reportado en chile Pico de Paloma (*C. frutescens* L.) (Ramírez-Meraz *et al.*, 2015), lo cual coincide con el tipo de crecimiento de los chiles Larguillo chico, Serrano y Mochiteco.

Tabla 1. Descripción de los 19 descriptores morfológicos estudiados en chiles nativos de Teticic, Olinalá, estado de Guerrero.

Código	Característica	Escala
AP	Altura de la planta	cm
HC	Hábito de crecimiento	Ordinal: intermedio (compacto) y erecto
AP	Ancho de la planta	cm
FT	Forma del tallo	Ordinal: cilíndrico, angular y achatado (aplastado)
CT	Color del tallo	Ordinal: verde
DR	Densidad de ramificación	Ordinal: escasa y densa
DH	Densidad de hojas	Ordinal: escasa y densa
FH	Forma de la hoja	Ordinal: deltoide, oval y lanceolada
CH	Color de la hoja	Ordinal: verde
LH	Longitud de la hoja	cm
AH	Ancho de la hoja	cm
NFA	Número de flores por axila	Ordinal: uno
PF	Posición de la flor	Ordinal: pendiente, intermedia y erecta
CFEI	Color del fruto en estado intermedio	Ordinal: verde
CFM	Color del fruto maduro	Ordinal: rojo
FF	Forma de fruto	Ordinal: casi redondo, triangular, acampanulado y elongado
LF	Longitud del fruto	cm
AF	Ancho del fruto	cm
PIF	Peso individual de fruto	g

Los genotipos tienen una flor por axila con excepción de Serrano y Larguillo Chico que presentaron dos flores por axila, cuya posición fue erecta y variaron en cuanto al color, en donde la mayoría son de color blanco, solo CAS mostró flores de color amarillo claro. La forma de los frutos presentó amplia variación entre los genotipos, en este sentido, CAS es de frutos redondos, GGM, GGG y M son de frutos triangular, CHI con frutos acampanulados y LGH, LG y S tienen frutos de forma elongada (Tabla 2). En el color del fruto se observó poca variación, en general en estado inmaduro son de color verde claro y oscuro; pero al madurar son de color rojo claro y oscuro (Figuras 1 y 2). Los chiles de la especie *C. annuum* se caracterizan por presentar una flor por axila, de color blanca y frutos redondos, triangulares o acampanulados (Aguilar-Rincón *et al.*, 2010; Partida y Quezada, 2012), en cambio, los chiles de la especie *C. frutescens* presentan más de una flor por nudo, de color blanca verdosa o amarilla verdosa (De la Cruz-Lázaro *et al.*, 2017).

Diferentes autores señalan que la diversidad fenotípica entre genotipos de Chile está condicionada por la arquitectura de planta, estructura de las flores, el número de flores por axila y por el tamaño y la forma del fruto (Castañón-Najera *et al.*, 2008; Toledo-Aguilar *et al.*, 2011; De la Cruz-Lázaro *et al.*, 2017). En este sentido, la determinación del color y la forma del fruto en estado maduro son parámetros básicos para la clasificación de diversas colectas de *C. annuum* en varias regiones de México (Escalera-Ordaz *et al.*, 2019).

La variación observada en características cualitativas de los genotipos evaluados pueden ser el resultado de la selección que realizan los agricultores o grupos étnicos, a través del tiempo en diferentes condiciones ambientales, así como de las preferencias humanas, las cuales dependen de los aspectos socioculturales (Murillo-Amador *et al.*, 2015). Por ejemplo, los frutos de Chilaca, Gallo gallina grande y mediano con frutos de forma triangular (similar al Chile Poblano) se utilizan principalmente en seco, para elaborar mole y adobo en la región Montaña del estado de Guerrero (Aguilar-Rincón *et al.*, 2010).

Características cuantitativas

El análisis de varianza detectó significancia ($\alpha \leq 0.01$) para genotipo en las características evaluadas de planta, hoja, flor y fruto (Tabla 3; Figura 3 a 6). En este sentido, los morfotipos son los principales niveles de diversidad, aunque también existe la diversidad intramorfotipos, que puede ser aprovechada con fines de conservación y usos (Latournerie *et al.*, 2002). Las características del tamaño de planta (AP: altura; AD: ancho del dosel), hoja (LH: longitud; AH: ancho) y del fruto (LF: longitud; AF: ancho) tienen un CV < 14%, lo que indica que los chiles presentan poca variabilidad en estos rasgos morfológicos. En contraste, el peso y la longitud del pedúnculo del fruto presentaron CV > 20%, lo cual sugiere que tienen la más alta variabilidad en los chiles (Franco y Hidalgo, 2003). Al respecto, Franco y Hidalgo (2003) reportó el CV como una medida de variación en estudios de caracterización fenotípica de germoplasma.

Tabla 2. Características cualitativas de planta, hoja, flor y fruto de los ocho tipos de chile nativo cultivados en invernadero, provenientes de Teticic, Olinalá, Guerrero.

Características	Genotipo	Descripción
Hábito de crecimiento	CAS, GGM, GGG y LG CHI LCH, S y M	Erecto Intermedio Compacto
Forma del tallo	CAS, GGM, GGG, CHI, LCH, LG, S y M	Cilíndrico
Color del tallo	CAS, GGM, GGG, CHI, LCH, LG, S y M	Verde
Densidad de ramificación	CAS, GGM, GGG, CHI, LCH, LG, S y M	Densa
Forma de la hoja	CAS, GGM, GGG, CHI, LCH, LG y S M	Lanceoladas Oval
Color de la hoja	CAS, GGM, GGG, CHI, LCH, LG, S y M	Verde
Número de flores por axila	CAS, GGM, GGG, CHI y M LCH, LG y S	Una flor Una a dos flores
Color de la flor	CAS GGM, GGG, CHI, LCH, LG, SE y MO	Amarillo claro Blanco
Posición de la flor	CAS, GGM, GGG, CHI, LCH, LG, S y M	Erecta
Color del fruto en estado intermedio	CAS, GGM y LCH GGG, CHI, LG, S y M	Verde claro Verde oscuro
Color del fruto maduro	CAS, GGG, LCH, LG, S y M GGM y CHI	Rojo claro Rojo oscuro
Forma de fruto	CAS GGM, GGG y M CHI LGH, LG y S	Redondos Triangulares Acampanulados Elongados

CAS = Cascabel. GGM = Gallo gallina mediano. GGG = Gallo gallina grande. CHI = Chilaca. LCH = Larguillo chico. LG = Larguillo grande. S = Serrano. M = Mochiteco.



Figura 1. Forma y tamaño de los frutos de ocho genotipos de chile nativo de Teticic, Olinalá, Guerrero. Cascabel (CAS). Gallo gallina mediano (GGM). Gallo gallina grande (GGG). Chilaca (CHI). Larguillo chico (LCH). Larguillo grande (LG). Serrano (S). Mochiteco (M). Fotografías de Ismaela Guzmán Olea.



Figura 2. Frutos inmaduros y maduros de dos genotipos de chile nativo de Teticic, Olinalá, Guerrero. (a) Cascabel (CAS), (b) Gallo gallina mediano (GGM). Fotografías de Ismaela Guzmán Olea.

Tabla 3. Significancia estadística de las características de planta, hoja, flor y fruto de los ocho genotipos de chile originarios de Teticic, Olinalá, estado de Guerrero.

	FV	GL	AP	AD	LH	AH	LF	AF	PF	LP
CM-Genotipo	7	179.94**	384.58**	35.72**	3.21**	36.62**	23.80**	650.16**	3.01**	
CM-Error	40	36.02	38-11	0.93	0.12	0.45	0.19	16.25	0.60	
Media general		72.65	86.6	9.55	3.07	7.01	2.99	15.02	3.24	
C.V. (%)		8	7	10	11	10	14	27	24	

** = Significativo, $\alpha \leq 0.01$. CM = Cuadrado medio. C. V. = Coeficiente de variación. AP = Altura de planta. AD = Ancho del dosel de la planta. LH = Longitud de la hoja. AH = Ancho de la hoja. LF = Longitud del fruto. AF = Ancho del fruto. PF = Peso fresco del fruto. LP = Longitud del pedúnculo del fruto.

En altura de planta (AP), Larguillo grande (79.60 cm) fue estadísticamente diferente a Chilaca (64.20 cm). Sin embargo ambos chiles no son diferentes en altura con respecto a los otros genotipos (Figura 3). Los valores máximos de altura se presentaron en Larguillo chico (102 cm) y Larguillo grande (97 cm); mientras que, Gallo gallina mediano (46 cm), Chilaca (45 cm) y Cascabel (43 cm) mostraron los valores mínimos (Figura 3a). En cuanto al ancho del dosel (AD), los genotipos Larguillo grande (93.33 cm) y Mochiteco (95.27 cm) fueron estadísticamente iguales, pero diferentes a Cascabel (81.20 cm), Gallo gallina mediano (76.40 cm) y Chilaca (74.73 cm). No

obstante, Larguillo grande y Mochiteco fueron estadísticamente similares en esta variable a Gallo gallina grande, Serrano y Larguillo chico (Figura 3b). Los valores mínimos se tuvieron en Cascabel (60 cm), Gallo gallina mediano (62 cm) y Chilaca (60 cm) y los valores máximos se registraron en Serrano (123 cm), Cascabel (120 cm) y Mochiteco (117 cm) (Figura 3b). Los resultados obtenidos en estas dos características morfológicas corroboran la poca variabilidad existente entre los genotipos de chile (CV entre 7 y 8%). Comportamiento similar se reportó en chile Agua (*C. annuum*), donde la altura de planta varió de 108 a 118 cm (Martínez-Sánchez *et al.*, 2010), en chile Mirador

(*C. annuum*) de 60 a 130 cm (Ramírez *et al.*, 2018); mientras que, en plantas de Chile Poblano (*C. annuum*) se registraron alturas de 37.9 a 56.9 cm y ancho de dosel de 24.1 a 44.3 cm (Toledo-Aguilar *et al.*, 2011). Cabe indicar, que los resultados en altura de las investigaciones citadas anteriormente son inferiores a las obtenidas en plantas de Chilaca, Gallo gallina grande y mediano, materiales que presentan fruto similar al Chile Poblano.

Las hojas de los chiles Larguillo grande (LH: 12.57 cm) y Gallo gallina grande (LH: 13.01 cm) presentaron

la mayor longitud y son estadísticamente iguales; pero, superiores al resto de los genotipos (Figura 4a). Para el ancho de la hoja, Gallo gallina grande fue estadísticamente superior a los demás chiles estudiados con AH de 4.66 cm (Figura 4b). El menor tamaño de hoja se presentó con Cascabel (6.78 cm de LH y 2.10 cm de AH). La variabilidad de los chiles en estos caracteres se puede relacionar con el valor del CV que fue 10 y 11%, respectivamente. Los resultados obtenidos en esta característica se pueden relacionar con el tamaño del fruto (López *et al.*, 2012) (Figura 2 y 5).

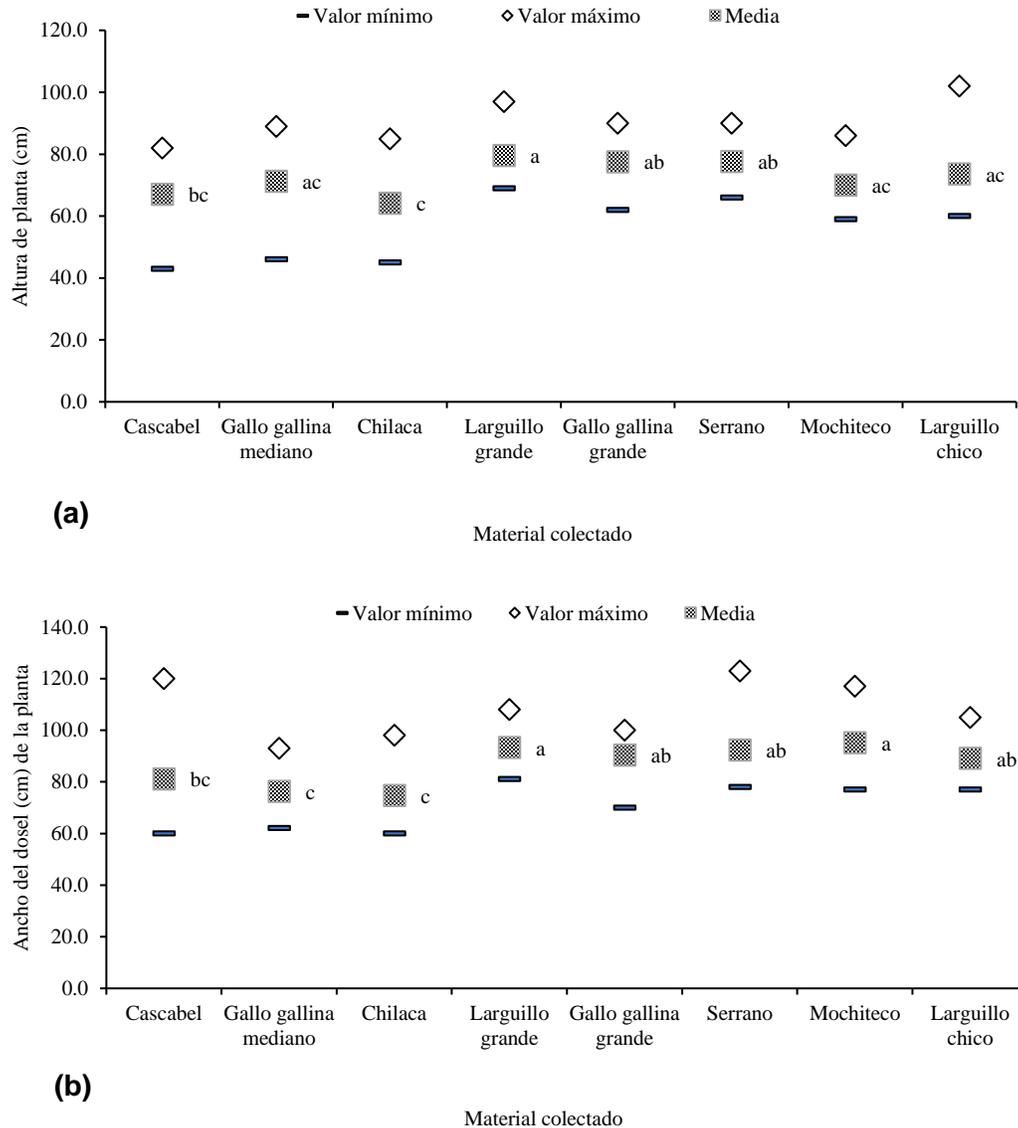


Figura 3. Tamaño (a: altura y b: ancho del dosel) de planta de ocho genotipos de Chile nativo de Teticic, Olinalá, Guerrero, cultivados en invernadero. DMS(a) = 11.07. DMS(b) = 11.39. C.V.(a) = 8%. C.V.(b) = 7%.

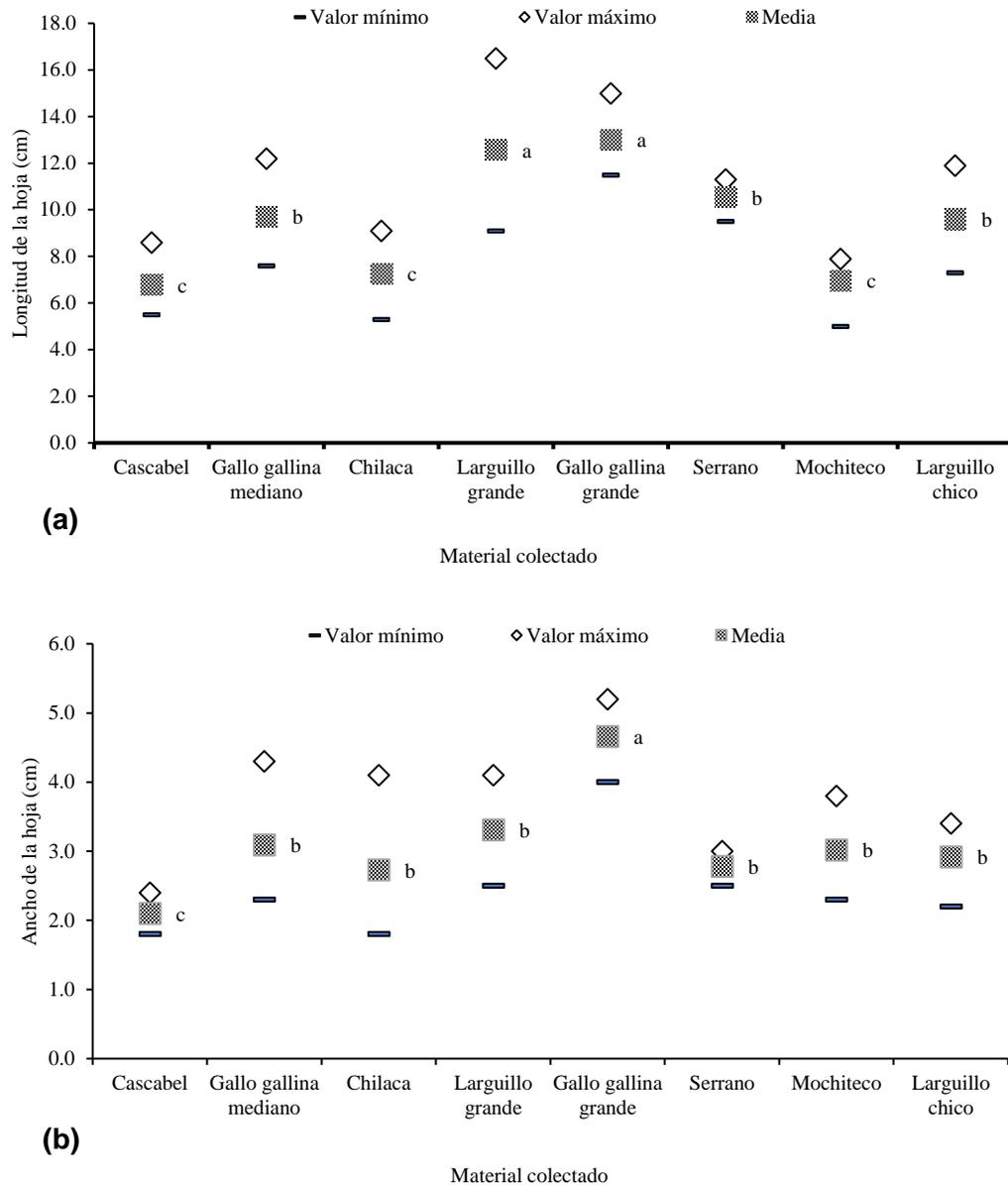


Figura 4. Tamaño (a: longitud y b: ancho) de hojas en plantas de ocho genotipos de chile nativo de Teticic, Olinalá, Guerrero, cultivados en invernadero. DMS(a) = 1.77. DMS(b) = 0.62. C.V.(a) = 10%. C.V.(b) = 11%.

Los caracteres del tamaño del fruto presentaron un CV de 10 a 14%, lo que indica que se tiene poca variabilidad entre los chiles (Tabla 3). En este sentido, la mayoría de los genotipos presentaron frutos estadísticamente similares en longitud de fruto (7.92 a 8.67 cm), excepto Cascabel y Mochiteco que fueron estadísticamente inferiores al resto, pero diferentes entre ellos. La diferencia osciló entre 51 y 76% con respecto al promedio más alto (Larguillo grande) (Figura 5a). En relación al ancho del fruto, Chilaca (5.96 cm) y Larguillo grande (5.92 cm) registraron los tamaños más altos y son estadísticamente iguales, pero

diferentes al resto (Figura 5b). El chile Cascabel, Serrano, Mochiteco y Larguillo chico presentaron los promedios más bajos de ancho de fruto. En particular el chile Cascabel se caracteriza por tener frutos redondos y el resto en forma triangular (Figura 2). En este contexto, en Chile Jalapeño se han reportado frutos con 6.0 cm de longitud y 2.5 cm de ancho (Partida y Quezada, 2012), en Chile Agua de 9.14 a 10.40 cm de longitud (Martínez-Sánchez *et al.*, 2010) y en Chile Mirador de 2.5 a 6.0 cm de longitud y 0.6 a 2.0 cm de diámetro (Ramírez *et al.*, 2018), estos tres tipos de Chile tienen dimensiones similares al Gallo gallina.

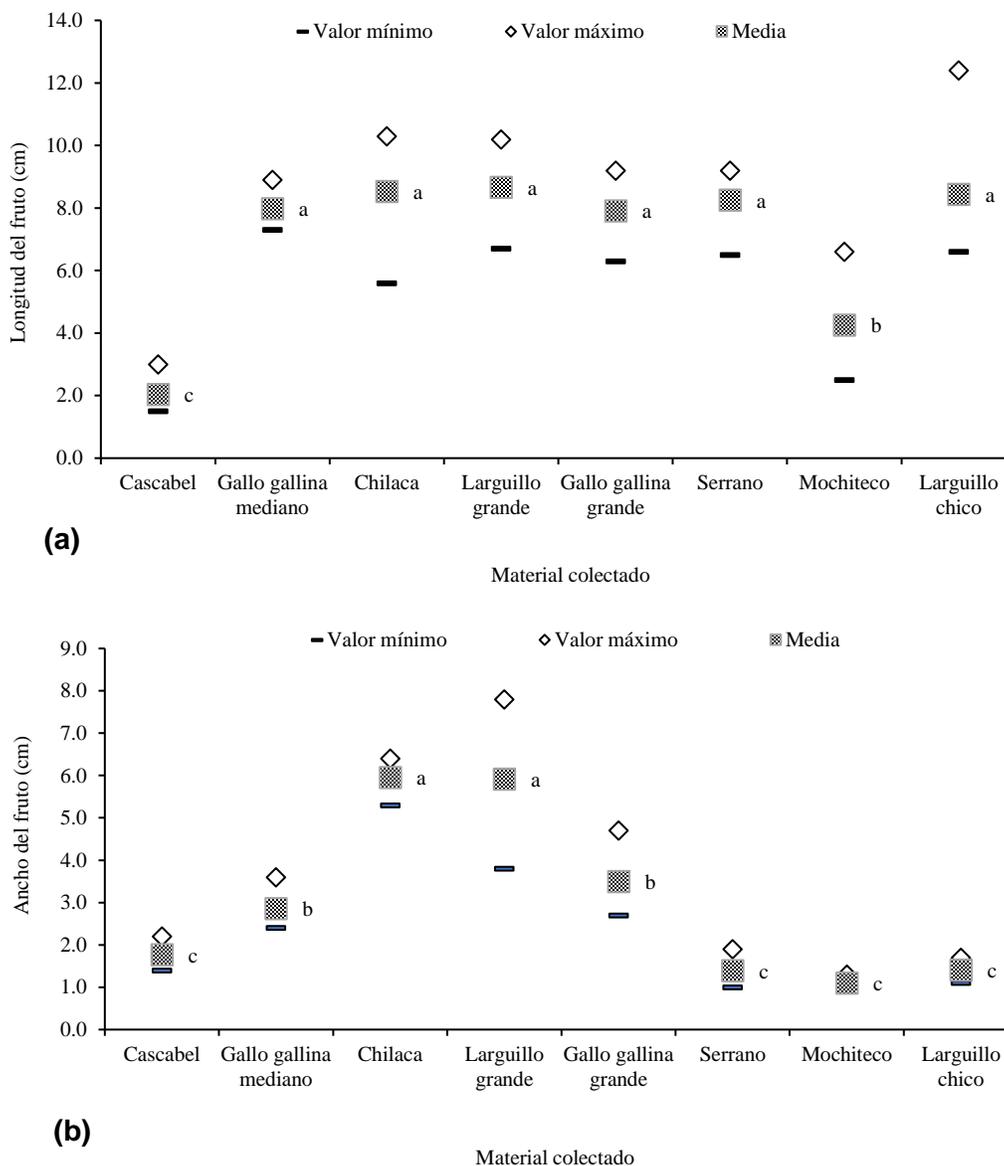


Figura 5. Tamaño (a: longitud y b: ancho) de los frutos de ocho genotipos de chile nativo de Teticic, Olinalá, estado de Guerrero, cultivados en invernadero. DMS(a) = 1.23. DMS(b) = 0.79. C.V.(a) = 10%. C.V.(b) = 14%.

El peso fresco y la longitud del pedúnculo del fruto registraron un $CV > 20\%$, lo que sugiere que los genotipos de chile pueden tener mayor variabilidad en estos caracteres (Tabla 2). En este sentido, para peso fresco de fruto, los genotipos Chilaca, Gallo gallina mediano y grande presentaron los promedios más altos con 33.55 g, 22.60 g y 23.50 g, respectivamente. Siendo el chile Chilaca estadísticamente superior a todos los demás genotipos estudiados. Además, los genotipos de menor peso de frutos fueron Cascabel (3.28 g), Larguillo grande (7.83 g) y chico 810.64 g), Serrano (11.95 g) y Mochiteco (6.81 g) (Figura 6a). Por otro lado, se observó que el genotipo Chilaca

presentó el mayor rango de variación (de 19.10 a 48.71 g), seguido de Gallo gallina grande y mediano (de 11.09 a 34.55 g), lo que en parte indica mayor variación dentro de genotipos. Resultados similares se reportaron en chile Poblano, donde el peso del fruto varió de 4.69 a 24.8 g (Toledo-Aguilar *et al.*, 2011), cuya forma es semejante al de los genotipos Chilaca y Gallo gallina grande. Con respecto a la longitud del pedúnculo (Figura 6b), Larguillo grande (4.51 cm) y chico (3.57 cm), y Serrano (3.88 cm) presentaron los promedios más altos. Cabe mencionar que Chilaca presentó el mayor rango de variación (de 1.50 a 11.50 cm) dentro de genotipos.

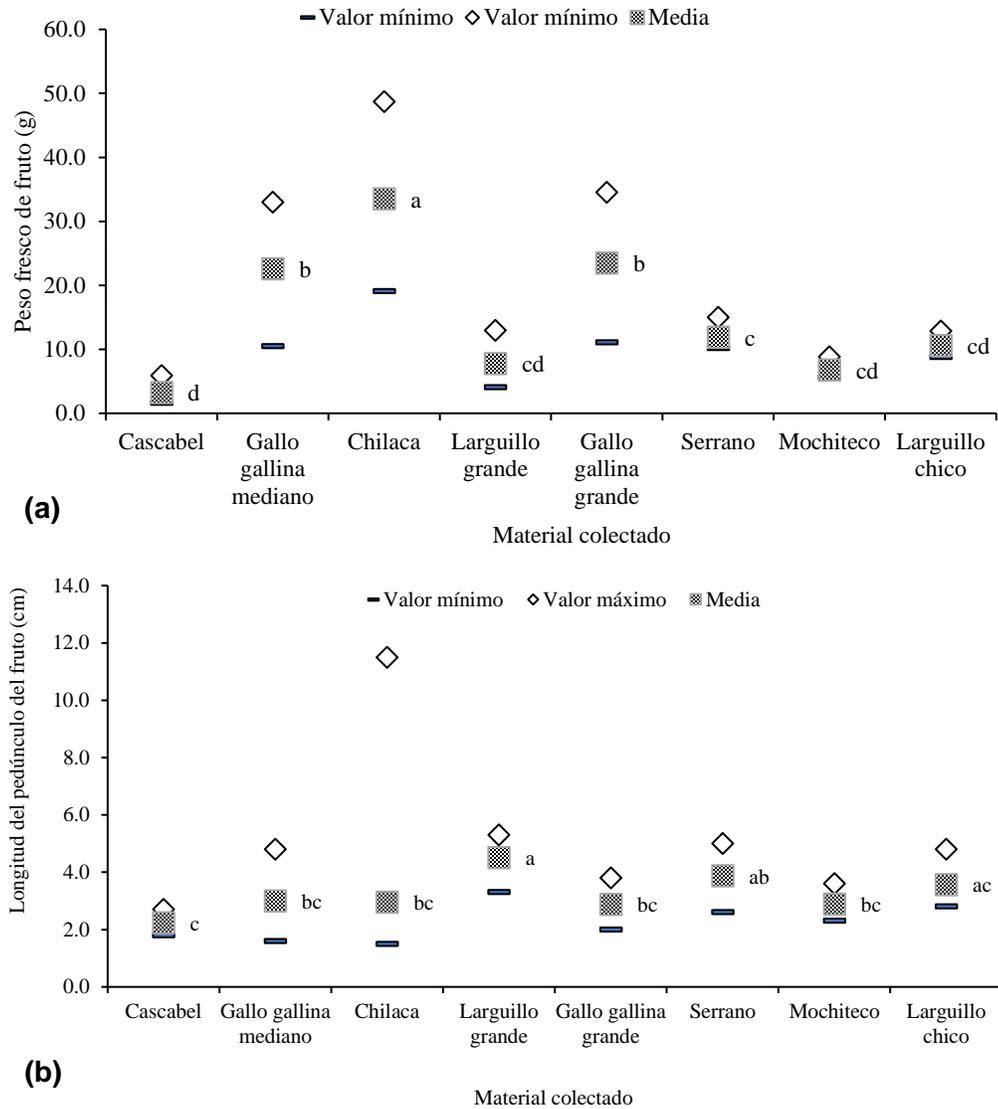


Figura 6. Peso fresco (a) y longitud del pedicelo (b) de los frutos de ocho genotipos de chile nativo de Teticic, Olinalá, Guerrero, cultivados en invernadero. DMS(a) = 7.44. DMS(b) = 1.43. C.V.(a) = 27%. C.V.(b) = 24%.

La importancia de cuantificar las características de la planta y el fruto indica la presencia de variación morfológica y si esta variación se relaciona con el ancho y largo de la hoja, el peso y número de semillas por fruto (Villota-Cerón *et al.*, 2012). Al respecto, Murillo-Amador *et al.* (2015) reportaron una alta variabilidad morfométrica entre las poblaciones de *C. annuum* silvestre en Baja California Sur, México. Por otro lado, Ramírez *et al.* (2018) señalaron que la diversidad fenotípica y genética del *Capsicum* en cada una de las poblaciones es afectada por el clima, la latitud y altitud e interacciones ecológicas, como la competencia por recursos. Se ha reportado, que la temperatura y cantidad de agua disponible durante el crecimiento y reproducción de las plantas son factores importantes para la diferenciación de las poblaciones

de chile nativas que crecen en condiciones naturales (Hernández-Verdugo *et al.*, 2012). Aunque en esta investigación no se obtuvieron datos de planta de los genotipos evaluados en campo, se observó que estos se desarrollaron apropiadamente en condiciones de invernadero, destacando en tamaño de planta pero conservando las características del fruto. Igualmente, Beltrán-Morales *et al.* (2016), reportaron que las plantas de chile jalapeño cultivadas en invernadero presentaron mayor crecimiento, que en condiciones de campo.

CONCLUSIONES

La caracterización fenotípica de los chiles de Teticic, Olinalá, Guerrero, mostró diferencias en la

arquitectura de la planta y características morfológicas (hojas, flores y frutos) entre estas, plantas de crecimiento intermedio y compacto, tallos verdes y ramificación densa, hojas lanceoladas y ovales. Los genotipos Serrano y Larguillo presentaron dos flores erectas por axila y el resto una flor. Los frutos tuvieron diferente forma (redonda, triangulares, acampanulados y elongados) entre genotipos, con poca variación en el color; verde claro a oscuro en estado inmaduro y rojo claro a oscuro en estado maduro.

Las características del tamaño de la planta, hoja y fruto presentaron poca variabilidad en los genotipos de chiles estudiados, sin embargo, algunos materiales sobresalieron en la altura de planta (Larguillo chico y grande), ancho del dosel (Serrano, Cascabel y Mochiteco) y longitud de sus hojas (Larguillo Grande y Gallo gallina grande); otros genotipos lo fueron en el tamaño de los frutos, algunos de menor longitud (Cascabel y Mochiteco) y otros más anchos (Chilaca y Larguillo grande) debido a la forma que estos presentaron; otros más sobresalieron en el peso fresco (Chilaca, Gallo gallina mediano y grande) y penúnculo más largo (Larguillo grande y chico, y Serrano). Las características cualitativas y cuantitativas de los genotipos estudiados son aspectos importantes para un programa de mejoramiento y conservación de estos recursos genéticos.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo financiero del CONAHCYT, y el apoyo técnico de los profesores de la Maestría en Ciencia Agropecuarias y Gestión Local-UAGro y del INIFAP.

Funding. This research was conducted with funds from the CONAHCYT. The research is part of the research activities of the Vegetable Genetic Improvement Program of CE-Iguala-INIFAP and the Area of Use and Conservation of Phytogenetic Resources of the Master in Agricultural Sciences and Local Management -UAGro.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest. The funding sources had no role in the design of the study, in the collection, analysis, or interpretation of data, in the writing of the manuscript, or in the decision to publish the results.

Compliance with ethical standards. Do not apply.

Data availability. The authors confirm that all data underlying the findings are fully available without restriction upon reasonable request to the corresponding author, Oscar Martín Antúnez Ocampo (antune.oscar@inifap.gob.mx). All relevant data necessary to replicate this study are described in the paper.

Author contribution statement (CRediT). **I. Guzmán-Olea** - Data curation, Formal analysis, Writing of manuscript. **J. E. Sabino Lopez** - Validation, Writing-review & editing, Resources, Project administration. **O. M. Antúnez-Ocampo** - Writing-review & editing, Supervision, Validation. **D. N. Herrera-Castro** - Investigation, Methodology, Validation Methodology, Formal analysis. **M. Espinosa Rodríguez** - Supervision, Validation, Writing-review & editing, **M. Vázquez-Villamar** - Visualization, Methodology, Validation.

REFERENCES

- Aguilar-Rincón, V.H., Corona-Torres, T., López-López, P., Latournerie-Moreno, L., Ramírez-Meraz, M., Villalón-Mendoza, H. and Aguilar, C.J.A., 2010. Los chiles de México y su distribución. *SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, ITConkal, UANL, UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México*, 114 p.
- Aguirre, H.E., and Muñoz, O.V., 2015. El chile como alimento. *Ciencia*, 66(3), pp.16-23.
- Beltrán-Morales, F.A., García-Hernández, J.L., Ruiz-Espinoza, F.H., Valdez-Cepeda, R.D., Preciado-Rangel, P., Fortis-Hernández, M. and González-Zamora, A., 2016. Efecto de sustratos orgánicos en el crecimiento de seis variedades de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). México. *Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 3(7):143-149. <https://doi.org/10.19136/era.a3n7.963>
- Castañón-Najera, G., Latournerie-Moreno, L., Mendoza-Elos, M., Vargas-López, A. and Cárdenas-Morales, H., 2008. Colección y caracterización de Chile (*Capsicum* spp.) en Tabasco, México. *Revista Internacional de Botánica Experimental*, 77(1), pp. 189-202.
- Castellón-Martínez, E., Carrillo-Rodríguez, J.C., Chávez-Servia, J.L. and Vera-Guzmán, A.M., 2014. Variación fenotípica de morfotipos de chile (*Capsicum annuum* L.) nativo de Oaxaca, México. *Phyton*, 83(2), pp. 225-236.
- Castellón-Martínez, E., Chávez-Servia, J.L., Carrillo-Rodríguez, J.C. and Vera-Guzmán, A. M., 2012. Preferencias de consumo de chiles (*Capsicum annuum* L.) nativos en los valles centrales de Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(5), pp. 27-35.
- Castillo-Aguilar, C.C. and López-Castilla L.C., 2019. Caracterización morfológica y molecular de chiles silvestres y variedades criollas de

- Campeche, México. *Revista Agroproductividad*, 12(10), pp. 69-70. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi0.1539>
- De la Cruz-Lázaro, E., Márquez-Quiroz, C., Osorio-Osorio, R., Preciado-Rangel, P. and Márquez-Hernández, C., 2017. Caracterización morfológica *in situ* de chile silvestre Pico de paloma (*Capsicum frutescens*) en Tabasco, México. *Acta Universitaria*, 27(2), pp. 10-16. <https://doi.org/10.15174/au.2017.1083>
- Elizondo-Cabalcaeta, E. and Monge-Pérez, J.E., 2016. Caracterización morfológica de 12 genotipos de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) cultivados en invernadero en Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 29(3), pp. 60-72. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v29i3.2888>
- Escalera-Ordaz, A.K., Guillén-Andrade, H., Nieves, Lara-Chávez, Ma.B., Lemus-Flores, C., Rodríguez-Carpena, J.G. and Valdivia-Bernal, R., 2019. Caracterización de variedades cultivadas de *Capsicum pubescens* en Michoacán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 23, pp. 239-251. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2024>
- Franco, T. L. and Hidalgo, R., 2003. Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico no. 8. *Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI)*. Cali, Colombia. 89 p.
- Güemes, J.R. and Aguilar-Meléndez, A., 2018. *Etnobotánica nahua del chile en la Huasteca meridional*. En *Los chiles que le dan sabor al mundo: contribuciones multidisciplinarias (primera edición)*. Dirección editorial; Marsella, Francia: IRD Éditions.
- Hernández-Verdugo, S., Porras, F., Pacheco-Olvera, A., López-España, R.G., Villarreal-Romero, Parra-Terraza, S. and Osuna Enciso, T., 2012. Caracterización y variación ecogeográfica de poblaciones de chile (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) silvestre del noroeste de México. *Polibotánica*, 33, pp. 175-191.
- Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Centro Asiático para el Desarrollo y la Investigación relativos a los Vegetales (AVRDC), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 1995. Descriptores para *Capsicum* (*Capsicum* spp). 51 p.
- Katz, E., 2018. El chile de la Mixteca alta de Oaxaca: de la comida al ritual. En *Los chiles que le dan sabor al mundo: contribuciones multidisciplinarias (primera edición)*. IRD Éditions.
- Katz, E. and Aguilar-Meléndez, A., 2018. *Capsicum annuum* (piment/poivron): une plante venue du Mexique. Quand une espèce se décline en dizaines de variétés. *La Garance voyageuse* 123, pp. 13-18.
- Latournerie, L., Chávez, J.L., Pérez, M., Castañon, G., Rodríguez, S.A., Arias, L.M. and Ramirez, P., 2002. Valoración *in situ* de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annuum* L. y *Capsicum chinense* Jacq.) en Yaxcabá, Yucatán. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25(1), pp. 25-33.
- Leyva-Ovalle, O.R., Andrés-Meza, P., Del Valle-Hernández, D., Meneses-Márquez, I., Murguía-González, J., Galindo-Tovar, M.E., López-Sánchez, H., Serna-Lagunes, R., Del Rosario-Arellano, L., Lee- Espinoza, H.E., Sierra-Macías, M. and Espinosa-Calderón, A., 2018. Caracterización morfológica de poblaciones de chile manzano (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.) en la región centro del estado de Veracruz, México. *Revista Bio Ciencias* 5. e388. <https://doi.org/10.15741/revbio.05.e388>
- López G. G., Medina T. R., Guillén A. H., Ramírez G. L., Aguilar C. J. A. and Valdivia R M. G., 2012. Características fenotípicas de hoja y fruto en selecciones de aguacate criollo de clima subtropical en el estado de Nayarit. *Revista Fuente*, 4, pp. 56-62.
- Luna-Ruiz, J. de J., Nabhan, G.P. and Aguilar-Meléndez, A., 2018. Shifts in plant chemical defenses of chile pepper (*Capsicum annuum* L.) due to domestication in Mesoamerica. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6, p. 48. <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00048>
- Martínez-Sánchez, D., Pérez-Grajales, M., Rodríguez-Pérez, J.E. and Moreno-Pérez, E.C., 2010. Colecta y caracterización morfológica de 'chile de agua' (*Capsicum annuum* L.) en Oaxaca, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 16(3), pp. 169-176.
- Montaño-Lugo, M.L., Velasco, V.V.A., Ruiz, L.J., Campos, A.G. V., Rodríguez, O.G. and Martínez, M.L., 2014. Contribución al conocimiento etnobotánico del chile de agua

- (*Capsicum annuum* L.) en los Valles Centrales de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(5), pp. 503-511.
- Murillo-Amador, B., Rueda-Puente, E.O., Troyo-Diéguez, E., Cordoba-Matson, M. V., Hernández-Montiel, L. G. and Nieto-Garibay, A., 2015. Estudio de línea base de características morfológicas de *Capsicum annuum* silvestres que crecen cerca de dos reservas de biosfera en la Península de Baja California para el manejo futuro de la conservación. *BMC Plant Biology*, 118 (15), pp. 1-18. <https://doi.org/10.1186/s12870-015-0505-6>
- Partida, S. A. A. and Quezada, C. S. M., 2012. De los nombres del chile y sus variedades principales en tierras nayaritas. *Revista Fuente*, 10(4), pp. 50-55.
- Pérez, C.L.J., Tornero, C.M.A., Escobedo, G.J.S. and Sandoval, C.E., 2016. El chile poblano criollo en la cultura alimentaria del Alto Atoyac. *Estudios Sociales*, 27(49), pp. 49-66.
- Ramírez, G.A.R., 2021. Caracterización morfológica *in situ* de chiles (*Capsicum* spp.) silvestres y cultivados en la Región Usumacinta, Tabasco. *Revista de Divulgación Científica*, 27(58), pp. 49-57. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a27n58.3959>
- Ramírez, N.U.I., Cervantes, O.F., Montes, H.S., Raya, P.J.C., Cibrián, J.A. and Andrio, E.E., 2018. Diversidad morfológica del chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) de Querétaro y Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(6), pp. 1159-1170. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i6.1581>
- Ramírez-Meraz, M., Villalón-Mendoza, H., Aguilar-Rincón, V.H., Corona-Torres, T. and Latournerie-Moreno, L., 2015. Caracterización morfológica de chiles silvestres y semidomesticados de la Región Huasteca de México. *Revista Agroproductividad*, 9-16.
- Rodríguez-Campos, E., 2018. La diversidad genética de *Capsicum annuum* de México. En Aguilar-Meléndez, A., Vásquez-Dávila, M.A. y Hernández Colorado, E.K. (Eds.). *Los chiles que le dan sabor al mundo*, pp.42-67. IRD Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.30889>
- Ruiz, N.N. del C., and Vásquez-Dávila, M.A., 2018. Etnoecología del chile de campo en Guelavía, Oaxaca: En Los chiles que le dan sabor al mundo: contribuciones multidisciplinares (primera edición). IRD Éditions.
- Salinas, H.R.Ma., Liévano, L.E.A., Ulín-Montejo, F., Mercado, J.N., and Petit, J.D., 2010. Caracterización morfológica y cambios durante la vida postcosecha de cuatro tipos de chile Amashito (*Capsicum annuum* L.) variedad *Glabriusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 11(1), pp. 92-100.
- Steiner, A.A., 1984. The universal solution. ISOSC. In: proceedings of 6th International Congress on Soilles Culture. Lunteren, The Netherlands, pp. 633-649.
- Toledo-Aguilar, R., López-Sánchez, H., Antonio-López, P., Guerrero-Rodríguez, J.D., Santacruz-Varela, A. and Huerta-de la Peña, A., 2011. Características vegetativas, reproductivas y de rendimiento de fruto de variedades nativas de chile "poblano", *Revista Chapingo Serie Hortícola*, (17)3, pp. 139-150.
- Vázquez-Casarrubias, G., Escalante-Estrada, J.A.S., Rodríguez-González, Ma. T., Ramírez-Ayala, C., and Escalante-Estrada, L.E., 2011. Edad al trasplante y su efecto en el crecimiento y rendimiento de chile apaxtleco. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 17(1), pp. 61-65.
- Villota-Cerón, D., Bonilla-Betancourt, M.L., Carmen-Carrillo, H., Jaramillo-Vásquez, J., and García-Dávila, M.A., 2012. Caracterización morfológica de introducciones de *Capsicum* spp. existentes en el Banco de Germoplasma activo de Corpoica C.I. Palmira, Colombia. *Acta Agronómica*, 61(1), pp. 16-26.