

Evaluación del rendimiento y variables de planta de variedades de chile Loco de la Sierra Nevada de Puebla

Assessing yield and plant traits of Loco chile from the Sierra Nevada of Puebla

Mayra Salinas-Romero¹ , Pedro Antonio López¹ , Abel Gil-Muñoz¹ ,
Rocío Toledo-Aguilar² , Higinio López-Sánchez^{1*} 

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla, No. 205, Santiago Momoxpan, CP. 72760. San Pedro Cholula, Puebla, México.

²Instituto Nacional de Investigadores Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km 2.5, carretera Iguala-Tuxpan, CP. 4000. Iguala de la Independencia, Guerrero, México.

*Autor de correspondencia: higiniols@colpos.mx

Artículo científico

Recibido: 25 de septiembre 2023

Aceptado: 26 de septiembre 2024

RESUMEN. Actualmente, el rendimiento y variables vegetativas de chiles delgados nacionales como Guajillo, Pasilla, etc. han sido definidos, pero no tenemos el mismo conocimiento sobre chiles regionales, como el Loco. El objetivo fue determinar el rendimiento del chile Loco y precisar las principales características de la planta que lo influyen. Se desarrolló en cuatro localidades, con bloques completos al azar y tres repeticiones, la unidad experimental consto de 2 surcos de 5 m de largo, a una distancia de 80 cm entre surcos y 30 cm entre plantas. Se compararon seis variedades de chile Loco con los testigos Guajillo, Pasilla, Puya, de Árbol y Serrano, registrando 17 caracteres de tipo: vegetativos y rendimiento. El chile Loco obtuvo un rendimiento promedio en verde (13.2 t ha⁻¹) estadísticamente similar a los testigos excepto al chile de Árbol (8.3 t ha⁻¹). De acuerdo con el análisis de correlación, las variables que influyeron en rendimiento fueron: días a floración (en un intervalo de 46 a 55 días), altura de planta (62-71 cm), diámetro de tallo (10-12 mm), semillas por fruto (197-240) y número de frutos por planta (20 a 28). En conclusión, el chile Loco tiene rendimiento similar a los chiles delgados de importancia nacional, ya que, en general sus características de planta también son similares. La variedad Loco 404 es una planta alta, compacta, precoz con rendimiento de 15.5 t ha⁻¹ y un rayado característico en el exocarpio.

Palabras clave: Caracteres de fruto, caracteres reproductivos, caracteres vegetativos, chile regional, comportamiento agronómico.

ABSTRACT. Currently, the yield and vegetative traits of national long chiles such as Guajillo, Pasilla, etc. have been defined, but we do not have the same knowledge about regional chiles, such as Loco. The objective was to determine the yield of the Loco chile and to specify the main plant traits that influence it. The experimental unit consisted of two 5 m long rows, with a distance of 80 cm between them and 30 cm between plants. Six varieties of Loco chile were compared with the Guajillo, Pasilla, Puya, de Árbol and Serrano chile, registering 17 plant and yield traits. The Loco chili obtained an average fresh yield (13.2 t ha⁻¹) statistically similar to the controls except for the de Árbol chile (8.3 t ha⁻¹). According to the correlation analysis, the variables that influenced yield were: days to flowering (in an interval of 46 to 55 days), plant height (62-71 cm), stem diameter (10-12 mm), seeds per fruit (197-240) and number of fruits per plant (20 to 28). In conclusion, the Loco chile cultivar has similar yields to the long chile peppers of national importance, since, in general, its plant traits are also similar. The Loco 404 variety is a tall, compact, early-flowering plant with a yield of 15.5 t ha⁻¹ and a characteristic striped exocarp.

Keywords: Fruit traits, reproductive traits, vegetative traits, regional chile, agronomic performance.

Como citar: Salinas-Romero M, López PA, Gil-Muñoz A, Toledo-Aguilar R, López-Sánchez H (2025) Evaluación del rendimiento y variables de planta de variedades de chile Loco de la Sierra Nevada de Puebla. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 12(1): e3905. DOI: 10.19136/era.a12n1.3905.

INTRODUCCIÓN

La región de Mesoamérica es reconocida como centro de domesticación y diversificación de múltiples cultivos agrícolas de importancia mundial. Uno de ellos es el chile (*Capsicum annuum* L.) (Toxqui-Tapia *et al.* 2022), que presenta múltiples variantes, lo que permite clasificarlo con base en su color (amarillo, naranja, rojo o verde), sabor (amargo, salado, ácido y dulce) y forma (alargados, rectangulares o redondeados) (Solís-Marroquín *et al.* 2017).

En México se reporta la existencia de al menos 64 tipos de chile (Aguilar-Rincón *et al.* 2010), varios de ellos cultivados de forma extensiva en el país, con más de mil hectáreas sembradas (por ejemplo, Jalapeño, Ancho, Mirasol, Serrano, Chilaca, Guajillo, Tabaquero, Colorado, Pasilla, Puya, de Árbol, Costeño y Piquín, entre otros) (Castellón *et al.* 2014), con rendimientos en verde para chile de Árbol de 9.60 t ha⁻¹; Guajillo, 16.03 t ha⁻¹; Puya, 18.56 t ha⁻¹; Pasilla, 24.46 t ha⁻¹ y Serrano 25.23 t ha⁻¹ (SIAP 2021); los cinco pertenecientes al grupo de los chiles delgados.

Dentro de esos 64 tipos varios se cultivan en menor superficie y sólo en determinadas regiones, por lo que pueden considerarse o clasificarse como chiles de importancia regional. Tal es el caso del chile Dulce Criollo de Yucatán, Campeche y Tabasco, el chile Gallo-Gallina de Guerrero, el chile Bolita de Papaloapan, Oaxaca, el chile Cora de Nayarit, el chile Miahuateco de Santiago Miahuatlán, Puebla y el chile Loco cultivado en la Sierra Nevada de Puebla. Este último, de acuerdo con Mendoza-Robles y Hernández-Romero (2018), se consume regionalmente y tiene la característica de ser picoso; otras características son que el fruto tiene un patrón de rayado en verde y en seco, es rojo a la madurez, se clasifica como chile largo y se consume principalmente en verde.

Las investigaciones orientadas a estudiar los chiles regionales han sido pocas. Entre ellas pueden citarse: el trabajo de caracterización de seis morfotipos de chiles criollos (Chile de Agua, Nanche, Piquín, Solterito, Tabaquero y Tusta) de los Valles Centrales de Oaxaca (Castellón *et al.* 2014). El estudio etnobotánico y de variación morfológica de diversos tipos de chile pertenecientes a *C. annuum* (Yaax ic, Xcat'ic, Cha'hua, chile Dulce, Sucurre y Pico de Paloma) y a *C. annuum var. aviculare (maax)* (Latournerie *et al.* 2001). Además del estudio de diversidad morfológica de poblaciones criollas de chile (Amashito, Pico paloma, Garbanzo, Ojo de sapo, Colmillo de lagarto y Corazón de pollo) de los estados de Tabasco y norte de Chiapas, México (Gálvez *et al.* 2018) y el estudio de variación morfológica de chile piquín de Alcalá-Rico *et al.* (2023). Lo anterior es evidencia que, al momento, el tema del comportamiento agronómico de los chiles regionales se ha estudiado poco, pues de los 64 tipos de chile de México presentados por Aguilar-Rincón *et al.* (2010) la gran mayoría son de uso local o regional. Este panorama representa una oportunidad para incrementar la producción de chile en México; pero, para ello se requiere estudiar a los chiles regionales, con la finalidad de hacerlos más productivos, sin olvidar la conservación de su diversidad genética.

Por lo anterior, es necesario no dejar de buscar variedades que tengan rendimientos altos, que se adaptan a diferentes zonas y que el fruto cumpla con las necesidades que el mercado demanda. En el caso específico del chile Loco, que es de gran importancia en la región, se tiene el riesgo de perderse debido a la mezcla varietal que presenta, ya que se siembra junto con el chile Poblano y poco se conoce sobre las características de la planta y comportamiento agronómico,

particularmente del rendimiento de fruto. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue generar información del rendimiento de fruto del chile Loco y precisar las características principales de la planta que lo determinan, con lo cual se ampliará el conocimiento sobre los chiles regionales y permitirá, en su momento, coadyuvar al aumento del rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área del estudio

El estudio se realizó en la Sierra Nevada de Puebla, donde predomina un clima templado subhúmedo con lluvias en verano. Las localidades fueron: 1) San Juan Tlautla (19° 05" 46' LN, 98° 21" 24' LO, 2 213 msnm), con precipitación de 800 a 1 000 mm y suelo Phaeozem, 2) San Luis Coyotzingo (19° 11" 54' LN, 98° 26" 25' LO, 2 295 msnm), con precipitación de 900 a 1 100 mm y suelo Cambisol, 3) Santa María Atexcac (19° 08" 15' LN, 98° 29" 52' LO, 2 617 msnm), con precipitación de 900 a 1 100 mm y suelo Regosol y 4) San Felipe Teotlalcingo (19° 13" LN, 98° 30" LO, 2 485 msnm), con precipitación de 900 a 1 000 mm y suelo Phaeozem (INEGI 2009).

Material genético

Se estudiaron seis variedades de chile Loco seleccionadas a partir de variedades evaluadas en el año 2018. Los seis materiales se caracterizaron por tener mayor pureza varietal, mayor rendimiento en verde de 9.33 t ha⁻¹ y seco de 4.21 t ha⁻¹, y poca interacción con el ambiente. Dado que no hay variedades comerciales de chile Loco se usaron como testigos otros chiles criollos del tipo de los chiles delgados de importancia nacional como Guajillo, Pasilla, Puya, Serrano y de Árbol.

Producción de plántula y trasplante

Previo a la siembra, que se realizó el 3 de marzo de 2021, las semillas se desinfectaron con una solución de cloro al 1% por 1 minuto. Las semillas se germinaron en charolas de unicel de 200 cavidades, que contenían como sustrato una mezcla de peat moss (Kekkilä®), abono orgánico (Solep®) y vermiculita, en una relación 2:1:1. Las semillas se depositaron a una profundidad de 0.5 cm y posteriormente se taparon con una capa de sustrato. Posterior a la siembra, las charolas se asperjaron con propamocarb (5 mL L⁻¹) y carbendazim (5 g L⁻¹) para minimizar la presencia de hongos. Las charolas se cubrieron con un plástico para aumentar la temperatura y se colocaron en un invernadero para la germinación. Cuando las plántulas emergieron (5 días después de la siembra en el caso de serrano y 15 días después de la siembra en el caso de los demás), las charolas se colocaron sobre una estructura metálica elevada y diariamente se regaron dos veces al día: el primer riego fue únicamente con agua (08:00) y el segundo con fertilizante (17:00), utilizando las fórmulas (en 200 L de agua) 11N-60P-00K durante la primera semana, 20N-18P-20K entre la segunda y cuarta semana, 15N-00P-15K en la quinta semana y 20N-18P-20K un día antes de trasplante. En la tercera semana se hizo un aclareo, dejando una planta por cavidad. El trasplante se realizó cuando la plántula alcanzó una altura de 15 a 20 cm aproximadamente, efectuándose los días 15, 19, 20 y 22 de abril de 2021 en San Felipe Teotlalcingo, San Juan Tlautla, Santa María Atexcac y San Luis Coyotzingo, respectivamente.

Diseño y unidad experimental

Los tratamientos se evaluaron mediante un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones por localidad. La parcela experimental constó de dos surcos de 5 m de largo, separados a 0.8 m entre sí; la distancia entre plantas fue de 0.30 m.

Manejo agronómico

El mismo día del trasplante se aplicó un riego y posteriormente se dieron riegos de auxilio hasta que las lluvias iniciaron y sólo se regó si la planta mostraba signos de deshidratación, generalmente durante la canícula. Se fertilizó con la fórmula 180N-120P-180K, aplicando todo el PK y un tercio del N a los 20 días después de trasplante y dos tercios de N 30 días después. El control de hierbas se realizó de forma manual. Para el control de la marchitez del Chile, también conocida como secadora, causada por *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Phytophthora capsici*, se aplicaron fungicidas a base de Tiabendazol (3 g) y Metalaxil-M (1 mL) por litro de agua. El control de mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), minador de la hoja (*Liriomyza sativae*) y pulgón (*Myzus persicae*) fue con la aplicación de Lambda cyhalotrina, para lo cual se realizaron dos aplicaciones con intervalos de 7 días, a dosis de 1 mL L⁻¹ de agua a los 10 días después del trasplante.

VARIABLES DE RESPUESTA

Las variables evaluadas se midieron con base en los descriptores para *Capsicum* (IPGRI *et al.* 1995). Las variables se agruparon en caracteres vegetativos, reproductivos y de fruto. Caracteres vegetativos (datos promedio de cinco plantas): densidad de ramificación (DRA, 3: escasa, 5: intermedia, 7: densa), longitud de hoja (LHO, mm), ancho de hoja (AHO, mm), altura de planta (ALP, cm), ancho de planta (ANP, cm), longitud del tallo (LTA, cm) y diámetro del tallo (DTA, mm). Caracteres reproductivos (registrados por unidad experimental): días a floración (DFL), contados desde el día del trasplante hasta el día en que el 50% de las plantas tuvieron al menos una flor abierta. Caracteres de fruto (datos promedio de 5 frutos tomados de 5 plantas seleccionadas con competencia completa): ancho de fruto (AFR, mm), longitud de fruto (LFR, mm), espesor de pericarpio en verde (EPE, mm), número de semillas por fruto (SFR) y peso de 1 000 semillas (PMS). Adicionalmente, en los frutos se valoró la intensidad de rayado (IRA, 1: nada, 2: media, 3: alta). Además, se cuantificó el número de frutos por planta (FFP) y su peso (RFpp) y a partir de estas variables se estimó el rendimiento en verde por hectárea (RFVHa), con la ecuación: $RFVHa = (RFpp \times 36,000)$, donde RFVHa: rendimiento en verde por hectárea (t ha⁻¹), RFpp: rendimiento de fruto fresco por planta (kg), considerando una densidad de 36 mil plantas por hectárea, que fue la densidad final al término del experimento.

Análisis estadístico

Con los datos provenientes de las cuatro localidades de evaluación se realizó un análisis de varianza combinado (Martínez 1988), acompañado de una prueba de medias de Tukey ($p \leq 0.05$); previamente se realizó una prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas. En las variables (DRA, LHP, AHO, ALP, ANP, DFL, AFR, LFR, EPE, SFR, PMS, IRA, FFP, RFpp, RFVHa) que no cumplieron con ambos criterios se aplicó un análisis de varianza por rangos (Marden y Muyot 1995). Con base en la variable DFL, se consideró como sobresalientes a aquellas variedades más precoces. Para la variable DFL, la DMS se sumó al valor mínimo obtenido, debido a que un menor

valor es lo más deseable para fines de selección de variedades. Adicionalmente, y sólo para las variedades de chile Loco, se efectuó un análisis de correlación de Pearson entre el rendimiento por hectárea de fruto verde y el resto de las variables. Todos los análisis se realizaron con el programa SAS® OnDemand for Academics (SAS 2022).

RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran los resultados del análisis de varianza combinado. Se observa que, entre tipos de chile, con excepción de diámetro de tallo (DTA), se presentaron diferencias estadísticamente significativas en todas las características vegetativas, reproductivas, de fruto y rendimiento. Aunque se observaron diferencias entre localidades para el 87.5% de las variables evaluadas, la expresión de la mayoría de éstas (75%) no mostró significancia en la interacción localidad x tipo de chile, con excepción de DFL, IRA, PMS y FFP que sí mostraron significancia estadística. Los anteriores resultados indican que, aunque hay diferencias entre las variedades y que su comportamiento es diferente entre las localidades, esas diferencias son constantes a través de las localidades, razón por la cual en la mayoría de las variables no hay significancia estadística en la interacción localidad x tipo de chile. No obstante, en las variables DFL, IRA, PMS y FFP esta interacción sí fue significativa. El comportamiento de las variedades en estas variables se muestra en la Figura 1.

Tabla 1. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado de las variables medidas en diferentes tipos de chiles delgados.

Variable	Localidad		Tipos de chile		Localidad x Tipos de chile		Error	C.V. (%)
GL	3		8		30		80	
DRA (Núm.)	1114.3	*	1647.2	**	318.6	ns	16.7	68.3
ALP (cm)	25699.0	**	4500.2	**	739.2	ns	21.9	33.1
ANP (cm)	8006.3	**	6204.5	**	838.2	ns	29.6	44.9
LTA (cm)	3619.1	*	12116.4	**	468.1	ns	23.5	35.7
DTA (mm)	24831.3	**	1243.9	ns	757.8	ns	28.9	43.6
LHO (mm)	15391.6	**	9519.3	**	569.2	ns	19.0	28.6
AHO (mm)	15630.4	**	9655.1	**	418.6	ns	19.9	30.0
DFL (Días)	28242.5	**	6430.2	**	449.8	*	15.8	24.8
LFR (cm)	1231.5	*	14222.1	**	417.1	ns	18.9	28.5
AFR (cm)	882.5	ns	13300.7	**	373.7	ns	22.5	33.8
EPE (mm)	664.1	ns	11508.5	**	585.1	ns	24.5	37.0
IRA (Núm.)	1144.6	**	6665.5	**	235.4	*	11.0	21.3
SFR (Núm.)	9148.7	**	12944.8	**	257.3	ns	17.8	26.8
PMS (g)	16975.9	**	6768.7	**	1027.4	*	21.1	31.8
FFP (Núm.)	1599.8	**	12507.6	**	461.7	*	12.8	33.0
RFVHa (t ha ⁻¹)	26026.2	**	3260.5	**	720.6	ns	25.6	38.6

Grados de libertad para localidad, tipos de chile, su interacción y el error: 3, 8, 30 y 80, respectivamente. C.V.: coeficiente de variación, *: significancia estadística al 0.05 %, **: significancia estadística < 0.01 %, ns: no significativo. DRA: densidad de ramificación, ALP: altura de planta, ANP: Ancho de planta, LTA: longitud de tallo, DTA: diámetro de tallo, LHO: longitud de hoja, AHO: Ancho de hoja, DFL: Días a floración, LFR: longitud del fruto, AFR: ancho de fruto, EPE: espesor de pericarpio en verde, IRA: intensidad de rayado, SFR: semillas por fruto, PMS: peso de 1000 semillas, FFP: número de frutos por planta, RFVHa: rendimiento en verde por hectárea.

En la Figura 1 se observa que las variedades estudiadas presentan interacción en los diferentes ambientes en las variables DFL, IRA, PMS y FFP. En el inciso A) se puede observar que las variedades fueron más precoces en San Juan Tlautla y San Luis Coyotzingo. La variedad más precoz en todos los ambientes fue Loco 423. En el inciso B) se observa que la mayor intensidad de rayado de fruto se presentó en San Felipe Teotlalcingo y Santa María Atexcac. La variedad con mayor intensidad de rayado de fruto fue Loco 408. La intensidad de rayado de fruto es una característica particular de chile Loco que le da más valor en el mercado local. En el inciso C) se observa que el mejor ambiente para el peso de 1 000 semillas fue Santa María Atexcac. Esta característica es importante pues los agricultores obtienen semilla para los siguientes ciclos de siembra. En el inciso C se muestra el número de frutos por planta. En este caso la variedad que tuvo mayor interacción y mayor número de frutos fue el chile Serrano.

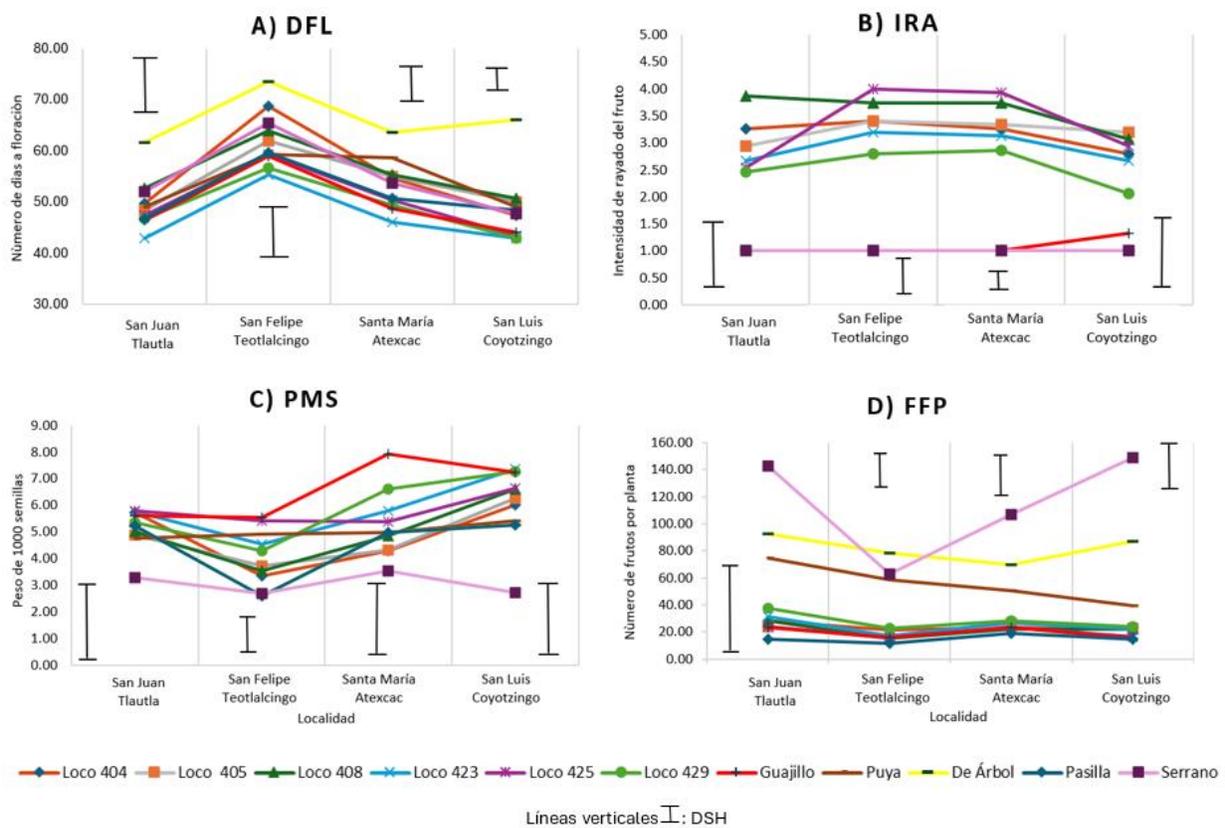


Figura 1. Variables con significancia estadística en la interacción localidad x variedades de chile "Loco" y testigos.

La Tabla 2 contiene la comparación de medias de las variables vegetativas para los diferentes tipos de chile. Las variedades de chile Loco mostraron diferencias con respecto a los testigos: por ejemplo, tuvieron menos ramificaciones que los chiles de Árbol y Serrano, sus hojas fueron más largas y anchas que las de los testigos y su altura de planta fue similar a la de los otros chiles delgados, excepto Puya, que fue más alto. En el ancho de planta, sólo el chile de Árbol fue mayor que las variedades de chile Loco. La mayor longitud de tallo la tuvo el chile Loco, aunque para diámetro de tallo es similar a los testigos. En síntesis, chile Loco muestra una ramificación

intermedia y valores promedio de longitud de hoja, ancho de hoja y longitud de tallo de 75.5 mm, 36.8 mm y 32.6 cm, respectivamente. En cuanto a precocidad (DFL), Chile Loco es heterogéneo, pues hay un material muy precoz (Loco 423), otros intermedios (Loco 429 y Loco 425) similares a Guajillo y algunos tardíos (Loco 404, Loco 405 y Loco 408) similares a Puya y Serrano. La variedad L423 destacó por ser la más precoz de todas las variedades evaluadas. La variación en precocidad existente en los tipos de chile Loco cubre, en lo general, la precocidad que obtuvieron los testigos, los cuales son de importancia nacional.

Tabla 2. Comparación de medias en variables vegetativas de los diferentes tipos de chiles evaluados en cuatro localidades de Puebla, México.

Tipos de chile	DRA (núm.)	LHO (mm)	AHO (mm)	ALP (cm)	ANP (cm)	LTA (cm)	DTA (mm)	DFL (días)
Loco 404	5.0 ^c	80.5 ^a	39.4 ^a	71.0 ^a	50.9 ^b	32.1 ^a	11.9 ^a	55.1 ^e
Loco 405	5.0 ^c	77.6 ^a	37.5 ^a	63.4 ^b	47.0 ^c	33.4 ^a	11.1 ^a	53.8 ^e
Loco 408	4.8 ^c	77.1 ^a	35.7 ^a	61.8 ^c	50.4 ^b	31.8 ^a	10.9 ^a	55.7 ^e
Loco 423	5.0 ^c	74.9 ^a	36.8 ^a	62.1 ^c	49.6 ^c	31.8 ^a	10.7 ^a	46.8 ^a
Loco 425	5.0 ^c	71.8 ^b	34.1 ^b	65.5 ^b	49.6 ^c	34.5 ^a	11.3 ^a	50.1 ^c
Loco 429	4.9 ^c	71.2 ^b	37.4 ^a	64.8 ^b	52.1 ^b	32.0 ^a	11.2 ^a	48.9 ^b
Promedio	4.9	75.5	36.8	64.7	49.9	32.6	11.1	51.7
Guajillo	4.8 ^c	66.9 ^d	32.4 ^c	62.1 ^c	51.1 ^b	27.1 ^d	10.7 ^a	49.5 ^b
Puya	5.5 ^b	66.3 ^d	29.1 ^d	50.0 ^d	47.7 ^c	24.6 ^d	10.6 ^a	54.0 ^e
De Árbol	7.0 ^a	55.6 ^e	24.4 ^f	75.5 ^a	68.7 ^a	27.5 ^c	11.5 ^a	66.3 ^f
Pasilla	5.0 ^c	69.6 ^c	32.9 ^c	64.2 ^b	51.6 ^b	28.5 ^b	11.3 ^a	51.3 ^d
Serrano	6.7 ^a	53.5 ^e	26.5 ^e	65.2 ^b	59.4 ^b	21.3 ^e	10.3 ^b	54.7 ^e
DSH	0.4	7.8	4.4	7.8	9.2	4.3	1.5	4.2

Medias con la misma letra en la misma columna no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la DSH de 5 %. DRA: densidad de ramificación, LHO: longitud de hoja, AHO: Ancho de hoja, ALP: altura de planta, ANP: ancho de planta, LTA: longitud de tallo, DTA: diámetro de tallo, DFL: días a floración.

En la Tabla 3 se muestra la comparación de medias para rendimiento y las características del fruto. El chile Loco 404 tuvo un rendimiento de 15.5 t ha⁻¹, estadísticamente igual al Guajillo, Puya, Pasilla y Serrano y fue superior al chile de Árbol, que obtuvo el menor rendimiento. Con respecto a los otros chiles delgados, los frutos de chile Loco tuvieron valores intermedios de longitud (100 mm), fueron de los más anchos (25 mm) y tuvieron el mayor número de semillas (214). En cuanto al número de frutos por planta (FFP), el chile Loco obtuvo los valores más bajos y el Serrano el valor más alto. Dos de las características en las que sobresale el chile Loco es en el grosor del fruto (EPE) y en el rayado del fruto (IRA). Respecto al peso de semilla (PMS), algunas variedades de chile Loco tienen valores cercanos a los del chile guajillo y pasilla y otras al peso de la semilla del Puya.

La Tabla 4 muestra el análisis de correlación del rendimiento de chile Loco con respecto a las variables registradas. Se observa que 10 de las 15 variables no influyeron en el rendimiento. De las cinco que sí lo hicieron, altura de planta, diámetro de tallo, semillas por fruto y número de frutos por planta influyeron de manera positiva, lo que indica que una mayor expresión de estas variables aumenta el rendimiento. Lo contrario sucedió en días a floración, ya que, al tener una correlación negativa, una mayor expresión disminuye el rendimiento, lo que denota la importancia de seleccionar variedades precoces.

Tabla 3. Comparación de medias de los componentes del rendimiento en chile “Loco” y testigos evaluados en cuatro localidades de Puebla, México.

Tipos de chile	RFVHa (t ha ⁻¹)	FFP (Núm.)	LFR (mm)	AFR (mm)	EPE (mm)	IRA	SFR (Núm.)	PMS (g)
Loco 404	15.5 ^a	23.8 ^d	110.1 ^c	25.9 ^a	3.0 ^a	3.2 ^a	240 ^a	4.9 ^b
Loco 405	12.9 ^a	22.0 ^d	108.6 ^c	23.1 ^c	2.9 ^a	3.2 ^a	205 ^a	4.8 ^b
Loco 408	14.2 ^a	22.0 ^d	93.2 ^c	27.7 ^a	3.2 ^a	3.6 ^a	197 ^b	5.0 ^b
Loco 423	13.3 ^a	24.4 ^d	105.6 ^c	24.2 ^b	2.8 ^b	2.9 ^b	216 ^a	5.9 ^a
Loco 425	11.0 ^b	19.9 ^d	94.7 ^c	25.2 ^a	3.0 ^a	3.4 ^a	213 ^a	5.8 ^a
Loco 429	12.3 ^a	28.2 ^d	92.3 ^c	25.3 ^a	2.8 ^b	2.6 ^c	213 ^a	5.9 ^a
Promedio	13.2	23.3	100.7	25.2	2.9	3.1	214	5.3
Guajillo	15.6 ^a	19.3 ^d	160.1 ^b	24.8 ^b	3.2 ^a	1.0 ^d	146 ^c	6.6 ^a
Puya	17.2 ^a	55.7 ^c	108.1 ^c	18.7 ^d	3.3 ^a	1.0 ^d	125 ^c	5.0 ^b
De Árbol	8.3 ^c	81.9 ^b	77.8 ^d	9.6 ^e	1.4 ^d	1.0 ^d	83 ^d	4.5 ^c
Pasilla	17.4 ^a	14.9 ^d	233.1 ^a	23.4 ^b	3.5 ^a	1.0 ^d	146 ^c	6.2 ^a
Serrano	12.4 ^a	115.4 ^a	89.3 ^c	9.6 ^e	2.1 ^c	1.0 ^d	49 ^d	3.1 ^d
DSH	5.4	17.4	29.9	2.9	0.6	0.4	39.7	1.2

Medias con la misma letra en la misma columna no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la DSH al 5%. RFVHa: rendimiento en verde por hectárea, FFP: número de frutos por planta, LFR: longitud de frutos, AFR: ancho de fruto, EPE: espesor de pericarpio en verde, IRA: intensidad de rayado, SFR: número de semillas por fruto, PMS: peso de 1000 semillas.

Tabla 4. Coeficientes de correlación y nivel de significancia entre rendimiento y las variables evaluadas en chile Loco.

Variable	RFVHa		Variable	RFVHa	
DFL	-0.29572	*	ALP	0.38366	*
LFR	0.09503	ns	ANP	0.16164	Ns
AFR	0.22032	ns	LTA	-0.17686	Ns
EPE	0.17914	ns	DTA	0.49043	**
IRA	0.10864	ns	SFR	0.45299	**
DRA	0.05457	ns	PMS	-0.06743	Ns
LHO	0.053	ns	FFP	0.82929	**
AHO	0.04866	ns			

*: significancia estadística al 0.05 %, *: Significancia estadística < 0.01 %, ns: no significativo. DRA: densidad de ramificación, ALP: altura de planta, ANP: Ancho de planta, LTA: longitud de tallo, DTA: diámetro de tallo, LHO: longitud de hoja, AHO: Ancho de hoja, DFL: Días a floración, LFR: longitud del fruto, AFR: ancho de fruto, EPE: espesor de pericarpio en verde, IRA: intensidad de rayado, SFR: semillas por fruto, PMS: peso de 1000 semillas, FFP: número de frutos por planta, RFVHa: rendimiento en verde por hectárea.

DISCUSIÓN

El Chile Loco es un cultivo regional que se produce en la Sierra Nevada de Puebla, el cual tiene características de fruto que lo posicionan dentro del grupo de chiles delgados. La hipótesis de este trabajo fue que en el Chile Loco existen características vegetativas, de fruto y reproductivas que determinan el rendimiento y que éste es similar al de chiles delgados de importancia nacional. Los caracteres fenotípicos están influenciados por los factores ambientales, por lo que el mismo genotipo puede presentar diferente expresión fenotípica dependiendo de su entorno (Orobiya *et al.* 2018). El análisis de varianza combinado indica diferencias significativas en los caracteres evaluados en las diferentes localidades, además de diferencias en las características vegetativas, floración, fruto y rendimiento. En la interacción localidad x tipos de chile, el efecto fue significativo

solo para la intensidad de rayado de fruto, días a floración, peso de 1 000 semillas y número de frutos por planta, de las cuales las tres últimas fueron de gran importancia en el rendimiento.

En el proceso de mejoramiento genético, para rendimiento u otra característica, la menor interacción genotipo-ambiente es un factor determinante para la selección de las variedades (Márquez-Vasallo *et al.* 2020), ya que es muy recomendable que el potencial genético de la variedad sobresaliente se mantenga en todos los ambientes de cultivo (García-Mendoza *et al.* 2021). El hecho de que el efecto de la interacción fue no significativo para rendimiento (y la mayor parte de las variables evaluadas) es un aspecto favorable. Las diferencias entre ambientes encontradas se explican por la variación altitudinal entre ellos (de más de 400 metros entre la localidad más baja y la más elevada). Aun cuando se ha señalado que el cultivo de chile se desarrolla desde cerca del nivel del mar hasta los 2 500 msnm (Izquierdo *et al.* 2017), éste requiere de ambientes con temperaturas de 18 a 28 °C, las cuales ocurren frecuentemente en la parte baja del Valle de Puebla, en altitudes de 2 100 a 2 400 msnm (Mendoza-Robles y Hernández-Romero 2018), que es el área donde es más común encontrar el cultivo de chile Loco.

Cuando se evalúan diferentes tipos de chile es común detectar diferencias significativas entre tales tipos en las variables medidas, como lo muestran los resultados obtenidos por Medina *et al.* (2006), quienes encontraron diferencias estadísticamente significativas en el 94.2% de las variables evaluadas en seis especies de chile. Una situación similar se presentó en este trabajo, pues el 94.2% de las variables mostraron diferencias significativas para los seis tipos de chile. De igual manera, estos resultados son similares a los encontrados por Toledo-Aguilar *et al.* (2011) en variedades nativas de chile Poblano, donde se reportan diferencias significativas en el factor localidad y variedades. Para el caso de la interacción de ambos factores sólo se encontró significancia en variables reproductivas y de fruto.

En lo que respecta a los caracteres agronómicos que determinan el rendimiento en el cultivo de chile, Toledo-Aguilar *et al.* (2016) encontraron en chile Poblano que las variables más importantes fueron altura de planta, densidad de ramificación, número de frutos por planta, precocidad, espesor de pericarpio, peso y diámetro de fruto. Para el chile Loco, la densidad de ramificación fue inferior a la de chile de Árbol, Serrano y Puya, tipos que al tener mayor número de ramas tendrán mayor número de flores y por consiguiente mayor número de frutos, como se observó en este estudio. Sin embargo, dado que chile Loco cuenta con densidad de ramificación intermedia, como es el caso de chile Guajillo, Puya y Pasilla, la manera de incrementar el rendimiento sería aumentando la densidad de población y así lograr tener un número de frutos por planta similar al de los otros tipos de chile, como lo sugieren Moreno-Pérez *et al.* (2011) en chile Guajillo. Cabe mencionar que la densidad de ramificación observada en chile Loco resultó similar a la obtenida en chile de Agua (otro chile regional), en el cual predomina la densidad de ramificación intermedia (5 a 6), debido a su hábito de crecimiento (Martínez-Sánchez *et al.* 2010). La altura y el ancho promedio de planta de chile Loco (62 a 71 cm y 50 cm, respectivamente) son características que corresponden a plantas intermedias y compactas, las cuales son más aptas para ser cultivadas en campo abierto (Pech-May *et al.* 2010). Para el caso de chile Loco, la variedad Loco 404 con 71 cm, fue la más alta, resultados cercano al de chile de Árbol que tuvo la mayor altura, con 75.5 cm.

Para la precocidad, se encontró que las variedades de chile Loco 423 y Loco 429 presentaron 46 y 49 días a floración, respectivamente, precocidad similar a la del Guajillo; mientras que las variedades Loco 404, Loco 405, Loco 408 y Loco 425 presentaron precocidad intermedia de 50-56 días a floración, la cual fue similar a la de los chiles Puya, Pasilla y Serrano. En Chile es importante que las variedades sean precoces, pues con ello se evita el retraso de la fructificación y que ésta se vea afectada por condiciones desfavorables, como granizo, lluvias o sequías (Meneses-Lazo *et al.* 2020) o por las heladas al final del ciclo. La variedad Loco 423 tuvo la mayor precocidad dentro de las variedades de Chile Loco y los testigos. Los resultados en precocidad de Chile Loco son similares a los encontrados en Chile de Agua, donde se reportan de 43 a 47 días a floración. La importancia de la precocidad es su influencia en el rendimiento de fruto. De hecho, en la literatura se reporta asociación positiva entre precocidad y rendimiento en Chile (Toledo-Aguilar *et al.* 2016), como lo encontrado en el presente estudio. Al respecto, una floración tardía retrasa el inicio de la fructificación, lo que acorta el periodo de crecimiento de fruto, con la consecuente influencia negativa en el rendimiento (Toledo-Aguilar *et al.* 2011).

El rendimiento de 5 de las 6 variedades de Chile Loco fue estadísticamente similar a los testigos, con excepción del Chile de Árbol, cuyo rendimiento fue inferior. Un ejemplo de la similitud en rendimiento se presenta en la mejor variedad de Chile Loco 404, que fue de 15.5 t ha⁻¹, rendimiento similar al obtenido por el Guajillo (15.6 t ha⁻¹). Estos datos tienen mayor relevancia cuando se comparan con el rendimiento reportado en el Chile Guajillo a nivel nacional (16.03 t ha⁻¹) en el 2021 (SIAP 2021), lo que muestra el potencial que el Chile Loco podría tener a nivel nacional en la categoría de Chile delgado. Para demostrar lo anterior se tendría que evaluar a las variedades de Chile Loco en otras áreas productoras de Chile en México.

En cuanto a las características de fruto, las variedades de Chile Loco se caracterizaron por tener de 20 a 28 frutos por planta, longitud de 9.2 a 11 cm, de 20 a 24 frutos por planta, ancho de 2.3 a 2.8 cm y de 197 a 240 semillas por fruto. El número de frutos por planta fue al Guajillo y Pasilla. La variedad Loco 429 fue la variedad con mayor número de frutos por planta (29 frutos). Los frutos de Loco 404, tuvo longitud de 11.0 cm y ancho de 2.6 cm, fueron más largos que el Chile de Árbol (7.8 cm), más anchos y con mayor número de semillas por fruto (240) que todos los testigos evaluados. En estudios de Chile Guajillo se ha reportado una longitud de fruto de 9 a 19 cm, ancho de 2.9 a 3.7 cm, produciendo de 121 a 220 semillas (Moreno-Ramírez *et al.* 2019). La importancia de la longitud de fruto es que ésta se asocia a un mayor peso de fruto y, por tanto, mayor rendimiento (Reyes-Pérez *et al.* 2017). En lo que respecta al número de frutos por planta, Escalera-Ordaz *et al.* (2019) encontraron que características como el peso y número de frutos por planta son características que contribuyen directamente al rendimiento.

CONCLUSIONES

El Chile Loco tiene un comportamiento agronómico similar al de los Chile delgados evaluados en este estudio. En cuanto a características vegetativas, cuenta con ramificación y ancho de planta intermedia, hojas más largas y anchas que los testigos. Tiene una precocidad intermedia y un número de frutos por planta que le permiten obtener un rendimiento similar a Pasilla, Puya,

Guajillo y Serrano y superior al de Árbol. Las mayores diferencias de chile Loco se presentan con Chile de Árbol. La variedad Loco 423 destacó por ser la más precoz y Loco 404 por ser la variedad con mayor rendimiento (15.5 t ha⁻¹), hojas grandes, mayor altura de planta (71 cm), chiles más largos y anchos, intensidad de rayado alto y mayor número de semillas.

AGRADECIMIENTOS

A los agricultores Sr. Gonzalo Mora Hernández[†], Sr. Alonso Lozano Mestre, Sr. Rene Everardo Nocelo Cinto e Ing. Hugo García Perea, por facilitar el terreno para el desarrollo de los experimentos. A la M.I. Sarahi Nocelo Rojas, M.C. Gabriela Edith Aquino Flores, M.C. Ana Tlelo Cuatle, Ing. Uriel Lara Díaz, Ing. José Hernández Cortés, Itzel Romero Nocelo, Everardo Romero Nocelo y Eduardo Romero Nocelo, por el apoyo durante las labores en campo.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Rincón VH, Corona TT, López LP, Latournerie ML, Ramírez MM, Villalón MH, Aguilar CJA (2010) Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT-Conkal, UANL, UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 114p.
- Alcalá-Rico JSGJ, Ramírez-Meraz M, Maldonado-Moreno N, Borja-Bravo M, Camposeco-Montejo N, López-Benítez A (2023) Variación morfológica en frutos de genotipos de chile piquín (*Capsicum annuum* var. *Glabriusculum*) del Noreste y Centro de México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 10: 1-13. <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3482>
- Castellón ME, Carrillo-Rodríguez JC, Chávez-Servía JL, Vera-Guzmán AM (2014) Variación fenotípica de morfotipos de chile (*Capsicum annuum* L.) nati Bozokalfa vo de Oaxaca, México. Phytón. Revista Internacional de Botánica Experimental 83: 225-236.
- Escalera-Ordaz AK, Guillén-Andrade H, Lara-Chávez MBN, Lemus-Flores C, Rodríguez-Carpena JG, Valdivia-Bernal R (2019) Caracterización de variedades cultivadas de *Capsicum pubescens* en Michoacán, México. Revista Mexicana de Ciencias agrícolas 10 SPE23: 239-251. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2024>
- Gálvez MY, Martínez EM, Ramírez SV, Latournerie LM, Leshner JMG, Castañón GN (2018) Morphological diversity of wild and semi-wild chili populations of Tabasco and the north of Chiapas States, México. Phytón. Revista Internacional de Botánica Experimental 87: 60-67. <https://doi.org/10.32604/phyton.2018.87.060>
- García-Mendoza PJ, Pérez-Almeida IB, Prieto-Rosales GP, Medina-Castro DE, Manayay-Sánchez D, Marín-Rodríguez CA, Ricse-Nestare SJC, Ortecho-Llanos R, Medina-Hoyos AE (2021) Interacción genotipo ambiente y potencial productivo de 25 variedades de Maíz Amiláceo en la Provincia de Tayacaja, Perú. Biagro 33: 67-68. <https://doi.org/10.51372/bioagro332.1>

- INEGI (2009) Anuario Estadístico Puebla. Aspectos Geográficos, Coordenadas geográficas y altitud de las cabeceras municipales. Serie I. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi. Fecha de consulta: 10 de marzo del 2021.
- IPGRI, AVRDC, CATIE (1995) Descriptors for *Capsicum* (*Capsicum* spp.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy; the Asian Vegetable Research and Development Center, Taipei, Taiwan, and the Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 110p.
- Izquierdo OH, Alcaraz LM, Rodríguez-Álvarez M (2017) Micropropagación de chiltepín (*Capsicum annuum* L. cv. 'glabriusculum') mediante el empleo de una oligosacarina de origen péctico. *Acta Universitaria* 27: 34-43. <https://doi.org/10.15174/au.2017.1452>
- Latournerie L, Chávez JL, Pérez M, Hernández CF, Martínez R, Arias LM, Castañón G (2001) Exploración de la diversidad morfológica de chiles regionales en Yaxcabá, Yucatán, México. *Agronomía Mesoamericana* 12: 41-47.
- Marden JI, Muiyot M (1995) Rank tests for main and interaction effects in analysis of variance. *Journal of the American Statistical Association* 90: 1388-1398.
- Martínez GA (1988) Diseños Experimentales. Métodos y Elementos de Teoría. Ed. Trillas. México. 756p.
- Martínez-Sánchez D, Pérez-Grajales M, Rodríguez-Pérez E, Moreno E del CP (2010) Colecta y caracterización morfológica de "chile de agua" (*Capsicum annuum* L.) en Oaxaca, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16: 169-176.
- Márquez-Vasallo Y, Salomón-Díaz JL, Acosta-Roca R (2020) Análisis de la interacción genotipo ambiente en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos tropicales* 41: 1-10.
- Medina CI, Lobo M, Gómez FA (2006) Variabilidad fenotípica en poblaciones de ají y pimentón de la colección colombiana del género *Capsicum*. *Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 7: 25-39. https://doi.org/10.21930/rcta.vol7_num2_art:67
- Meneses-Lazo RE, Garruña-Hernández R, Latournerie-Moreno L, Andrade-Torres JL, Pérez-Gutiérrez A (2020) Caracterización fenológica y fisiológica de variedades experimentales de chile habanero con alto potencial agronómico. *Revista Fitotecnia Mexicana* 41: 67-74. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.1.67-74>
- Mendoza-Robles R, Hernández-Romero E (2018) Biodiversificación en la agricultura familiar de Chiautzingo, Puebla: Estudio de caso. *Agroproductividad* 11: 99-104. <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i9.1221>
- Moreno-Pérez EC, Avendaño-Arrazate CH, Mora-Aguilar R, Cadena-Iñiguez J, Aguilar-Rincón VH, Aguirre-Medina JF (2011) Diversidad morfológica en colectas de chile guajillo (*Capsicum annuum* L.) del centro-norte de México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17 :23-30. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60920046004>
- Orobiyi A, Loko LY, Sanoussi F, Agré AP, Korie N, Gbaguidi A, Danis A (2018) Agro-morphological characterization of chili pepper landraces (*Capsicum annuum* L.) cultivated in Northern Benin. *Genetic Resources and Crop Evolution* 65: 555-569. <https://doi.org/10.1007/s10722-017-0553-x>
- Pech-May AM, Castañón-Nájera G, Tun-Suárez JM, Mendoza-Elo M, Mijangos-Cortés JO, Pérez-Gutiérrez A, Latournerie-Moreno L (2010) Efectos heteróticos y aptitud combinatoria en poblaciones de chile dulce (*Capsicum annuum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 33: 351-360. <https://doi.org/10.35196/rfm.2010.4.353>
- Reyes-Pérez JJ, Luna-Murillo RA, Reyes-Bermeo MR, Zambrano-Burgos D, Vásquez-Morán VF (2017) Fertilización con abonos orgánicos en el pimiento (*Capsicum annuum* L.) y su impacto en el rendimiento y sus componentes. *Revista Centro Agrícola* 4: 88-94.

- SAS (2022) SAS® OnDemand for Academics. Statistical Analysis System. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. https://www.sas.com/en_us/software/on-demand-for-academics.html. Fecha de consulta: 5 de enero de 2022.
- SIAP (2021) Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://nube.siap.gop.mx/cierreagricola/>. Fecha de consulta: 10 de febrero de 2022.
- Solís-Marroquín D, Lecona-Guzmán CA, Ruíz-Lau N, Ocampo P, Rodas-Trejo J, Gonzales-Santiago C, González-Mejía O, Gordillo-Páez L (2017) Análisis bromatológico de frutos de chile “siete caldos” (*Capsicum annuum*) cultivados en condiciones de cielo abierto y casa sombra. *Agroproductividad* 10: 34-40.
- Toledo-Aguilar R, López-Sánchez H, López PA, Guerrero-Rodríguez JD, Santacruz-Varela A, Huerta-de la Peña A (2016) Diversidad morfológica de poblaciones nativas de chile Poblano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7: 1005-1015. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i5.227>
- Toledo-Aguilar R, López-Sánchez H, López PA, Guerrero-Rodríguez JD, Santacruz-Varela A, Huerta-de la Peña A (2011) Características vegetativas, reproductivas y de rendimiento de fruto de variedades nativas de chile “Poblano”. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17: 139-150.
- Toxqui-Tapia R, Peñaloza-Ramírez JM, Pacheco-Olvera A, Albarran-Lara L, Oyama K (2022) Genetic diversity and genetic structure of *Capsicum annuum* L., from wild, backyard and cultivated populations in a heterogeneous environment in Oaxaca, Mexico. *Polibotánica* 53: 87-103. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.53.6>