

VARIACIÓN FENOTÍPICA EN POBLACIONES DE CHILE TUSTA¹

Eric G. Santiago-Luna², José C. Carrillo-Rodríguez², José L. Chávez-Servia³, Raymundo-Enríquez del Valle²,
Yuri Villegas-Aparicio²

RESUMEN

Variación fenotípica en poblaciones de chile tusta. El objetivo de este trabajo fue describir la variabilidad agromorfológica de poblaciones oaxaqueñas de chile tusta (*Capsicum annuum* L.). Se emplearon 31 poblaciones o colectas originarias de los municipios de Santa María Tonameca y Santo Domingo de Morelos, Oaxaca, México. Se describió y clasificó la variación fenotípica; para ello, las muestras se sembraron, trasplantaron y caracterizaron bajo invernadero en Madgalena Apasco, Oaxaca, durante el periodo noviembre 2012 a enero 2013. El trasplante se hizo bajo una distribución de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se encontraron diferencias significativas entre medias de poblaciones, en altura de planta a 60 y 120 días después del trasplante, diámetro del tallo, días a floración, número de frutos, largo y ancho del fruto. Respecto a los patrones de diversidad fenotípica, se determinaron diferencias entre las poblaciones de Santa María Tonameca y Santo Domingo de Morelos. Estas últimas fueron altamente variables en los caracteres evaluados. Se determinaron tres grupos de diversidad fenotípica, en planta, fruto y los asociados al rendimiento por planta. La mayor pérdida de peso (hasta 13,3 g), durante 30 días de almacenamiento a temperatura ambiente, se cuantificó en frutos de mayor tamaño y densidad, e indica un alto contenido de agua.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, diversidad fenotípica, nichos agroecológicos, variabilidad agromorfológica.

ABSTRACT

Phenotypic variation in tusta pepper populations. The objective of this research was to describe agromorphological variability of Oaxaca populations of tusta pepper (*Capsicum annuum* L.). 31 accessions or sample collections were taken from Santa María Tonameca and Santo Domingo de Morelos, Oaxaca, Mexico. The phenotypic variation was described and classified; hence, pepper samples were sown, transplanted, and characterized at greenhouse conditions in Madgalena Apasco, Oaxaca, from November 2012 to January 2013. The transplantation was done under a randomized complete block design with three replications. Significant differences between means of tusta pepper populations were determined for plant height at 60 and 120 days after transplantation, stem diameter, days to flowering, number of fruits, and fruit length and width. On the other hand, in phenotypic diversity patterns, important differences were determined between the populations from Santa María Tonameca and Santo Domingo de Morelos. The latter were highly variable in the characters evaluated. Three phenotypic diversity groups were determined in traits associated to plant, fruit, and yield per plant. The highest weight loss (up to 13.3 g) during 30 days of storage at room temperature was quantified for the fruits of major size and density, indicating high water content.

Keywords: *Capsicum annuum*, phenotypic diversity, agroecological niches, agromorphological variability.

¹ Recibido: 18 de marzo, 2015. Aceptado: 21 de julio, 2015. Este trabajo forma parte de la tesis del primer autor para optar por el grado de Maestría del Programa de Maestría en Ciencias en Productividad de Agroecosistemas del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México.

² Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Ex Hacienda de Nazareno Xoxocotlán, Oaxaca. C. P. 71230. Tel. 0195170444. amuleto_666@hotmail.com, jcarrillo_rodriguez@hotmail.com (autor para correspondencia), jenriquezdelvalle@yahoo.com, yurivil38@prodigy.net.mx

³ Instituto Politécnico Nacional (IPN), Centro Interdisciplinario De Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR)-Oaxaca. Calle Hornos No.1003. Santa Cruz Xoxocotlán, 71230 Oaxaca, México. Tel y fax: +52 951 5170610. jchavezservia1@yahoo.com



INTRODUCCIÓN

México es el centro de origen y diversidad de *Capsicum annuum* L. Esta especie se distribuye en todas las regiones del país; sin embargo, se acentúa en las regiones tropicales y subtropicales donde se localiza la mayor diversidad genética de especies cultivadas y silvestres. Dentro de estas últimas se destacan las variedades botánicas *C. annuum* var. *aviculare*, *C. annuum* var. *annuum* y *C. annuum* var. *glabriusculum*; que además intercambian genes con la especie cultivada en los solares o huertos de traspatio (Eshbaugh, 1980; Hernández-Verdugo et al., 2001; Votova et al., 2002). De acuerdo con los hallazgos de Perry y Flannery (2007), las cuevas de Guilá Naquitz, Oaxaca es uno de los centros de origen del chile (*C. annuum* L.), ya que los restos arqueobotánicos datan de 600 a 1521 A.C. Consecuentemente, la diversidad genética del *Capsicum* en Oaxaca continúa evolucionando tanto en las formas cultivadas, silvestres o recombinaciones de estas ocasionadas de manera natural o inducidas.

En México anualmente se siembra chile en más de 130 000 ha para consumo en fresco o seco. Se incluyen más de veinticinco tipos diferentes de frutos, entre los que se destacan por sus nombres locales, con más de mil hectáreas sembradas, jalapeño, ancho, mirasol, poblano, serrano, chilaca, guajillo, tabaquero, colorado, pasilla, puya, de árbol o cola de rata, costeño y piquín, entre otros (SIAP, 2014). Generalmente, los agricultores siembran variedades nativas. En el año 2013, en Oaxaca se sembraron 2847 hectáreas y se cosecharon más de 13 mil toneladas, principalmente de chile de agua, pasilla, costeño, jalapeño, soledad y tabaquero (SIAP, 2014). Aunque existe producción y consumo de otros veinte tipos de frutos, estos no se reportan en las estadísticas, debido a su consumo regional y probablemente desconocido para muchos de los consumidores oaxaqueños (López y Castro, 2007; Castellón-Martínez et al., 2014).

A pesar de la gran diversidad genética y fenotípica de *C. annuum* en México, las variantes regionales de gran importancia económica y social son poco reconocidas en el ámbito nacional (Aguilar-Rincón et al., 2010); por ejemplo, en Oaxaca son de enorme relevancia los chiles cultivados costeño, de agua, soledad, huacle, tabiche, tabaquero, coxle, de monte, tusta, loco y chile de onza, entre otros. De estos,

poco o nada se conoce fuera de su ámbito local o regional de producción y consumo (López y Castro, 2007). El reemplazo de acervos locales o variantes de chile por variedades comerciales de mayor demanda en el mercado, favorecen la erosión genética de los primeros sin haber conocido o documentado sus potenciales para el mejoramiento genético, y aportes de valores nutraceuticos a la dieta de consumidores.

En Oaxaca, una de las variantes de chile menos documentada es el tipo tusta o tuxta, que se distribuye desde los Valles Centrales en Ejútlá de Crespo hasta San Pedro Pochutla en la región de la Costa y Sierra Sur (Costa et al., 1982; Aguilar-Meléndez et al., 2009; Castellón-Martínez et al., 2014), y en la región de los Mixes donde se identifica con el nombre de chile güero o “pop nii” (Aguilar-Rincón et al., 2010). El fruto fresco contiene un balance adecuado en flavonoides, polifenoles, ácido ascórbico y capsaicinoides, lo que le confiere un aroma, sabor y textura particular, y no es comparable con los otros tipos regionales oaxaqueños como chile de agua, tabaquero, solterito, costeño o piquín (Vera-Guzmán et al., 2011). Es decir, posee características organolépticas particulares (Castellón-Martínez et al., 2012). En forma y tamaño, el chile tusta es similar al tipo pico de paloma de Yucatán (Latournerie et al., 2001; Aguilar-Meléndez et al., 2009), de Tabasco (Castañón-Najera et al., 2008; Pérez-Castañeda et al., 2008) y zona norte y centro de Veracruz e Hidalgo (Aguilar-Rincón et al., 2010). En este contexto, se planteó el objetivo de describir la variabilidad agromorfológica de poblaciones oaxaqueñas de chile tusta (*Capsicum annuum* L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta de germoplasma

Durante el periodo noviembre 2012 a enero 2013, se realizaron diversos recorridos por las parcelas de agricultores de catorce comunidades de los municipios de Santa María Tonameca y Santo Domingo de Morelos, Oaxaca, donde se colectaron 31 muestras poblacionales de chile tusta (Cuadro 1). Las comunidades se localizan geográficamente de 15° 47' 32,84" a 15° 51' 33,02" LN, y 96° 35' 54,14" a 96° 47' 2,09" LO, su altitud va de 98 a 397 msnm con temperaturas medias anuales de 23,2 a 31,7 °C y

Cuadro 1. Localidades de origen de las colectas de chile tusta (*Capsicum annum* L.). Noviembre de 2012 a enero de 2013. Oaxaca, México.

Table 1. Places of origin of tusta pepper (*Capsicum annum* L.). November 2012 to January 2013. Oaxaca, Mexico.

Colecta	Productor	Localidad	Altitud (m)	Latitud (N)	Longitud (O)
Santa María Tonameca					
CTU-01	Leonardo Sebastián García	San Bernardino	100	15° 47' 34,75"	96° 46' 18,61"
CTU-02	Ciriaca Luna Valencia	La Oscurana	98	15° 47' 32,84"	96° 46' 19,66"
CTU-03	Librada García Pacheco	La Oscurana	98	15° 47' 33,84"	96° 46' 19,86"
CTU-04	Eusebia pedro Matías	Piedra Mujer	138	15° 48' 15,52"	96° 45' 47,99"
CTU-27	Adelfo Juárez Juárez	San Juanito	128	15° 47' 33,49"	96° 47' 02,09"
CTU-28	Donaciana García Pérez	La Oscurana	101	15° 47' 35,41"	96° 46' 13,70"
CTU-30	Séptimo Almaraz	Charco de Agua	100	15° 46' 35,94"	96° 40' 02,63"
CTU-32	Carlos Pérez Matías	Las Pilas	190	15° 50' 48,91"	96° 43' 35,13"
CTU-33	José Pacheco Hernández	Juana Boquita	133	15° 47' 55,18"	96° 45' 01,83"
Santo Domingo de Morelos					
CTU-05	Anselmo José Ambrosio	Caña Brava	176	15° 50' 04,27"	96° 38' 32,06"
CTU-06	Alejandra José	Barranca Honda	381	15° 48' 50,43"	96° 37' 23,34"
CTU-08	Hipólito Reyes Amaraz	Las Cuevas	305	15° 48' 05,97"	96° 37' 52,02"
CTU-09	Alfredo Ortiz José	Hierba Santa	210	15° 47' 48,18"	96° 39' 55,19"
CTU-10	Bernardita García Almaraz	Hierba Santa	206	15° 47' 49,20"	96° 39' 58,59"
CTU-11	Alejandra José Almaraz	Barranca Honda	376	15° 48' 45,92"	96° 37' 21,48"
CTU-12	Cira García Almaraz	Caña Brava	163	15° 49' 51,81"	96° 39' 02,51"
CTU-13	María Luisa Ambrosio	Las Cuevas	331	15° 48' 55,91"	96° 35' 54,14"
CTU-14	Hortensia Reyes Hernández	Barranca Honda	397	15° 48' 51,46"	96° 37' 17,91"
CTU-15	Darcila Ambrosio Amaraz	Caña Brava	175	15° 50' 06,55"	96° 39' 19,89"
CTU-16	Bertha Monjaras	Las Cuevas	231	15° 48' 20,83"	96° 36' 16,12"
CTU-17	Albina Ramírez	Cerro Campana	278	15° 51' 33,02"	96° 39' 00,65"
CTU-18	Alma García	Barrio Nuevo	166	15° 50' 01,22"	96° 39' 31,51"
CTU-19	Demetrio Ambrosio Almaraz	Caña Brava	170	15° 49' 56,51"	96° 38' 48,49"
CTU-20	Aida García Hernández	Hierba Santa	197	15° 48' 02,01"	96° 39' 04,30"
CTU-21	Juan Pedro Almaraz	Hierba Santa	210	15° 48' 08,87"	96° 38' 59,50"
CTU-22	Emiliano Reyes	Hierba Santa	168	15° 47' 44,46"	96° 38' 40,32"
CTU-23	Armando Carmona Sánchez	Santo Domingo	161	15° 49' 58,62"	96° 39' 59,95"
CTU-24	David José Ambrosio	Caña Brava	190	15° 50' 07,89"	96° 38' 48,25"
CTU-25	Tomas García Luis	Barrio Nuevo	159	15° 49' 57,31"	96° 39' 46,74"
CTU-26	José Luis Reyes	Barrio Nuevo	174	15° 50' 08,33"	96° 39' 36,74"
CTU-29	Juana Ambrosio Almaraz	Barranca Honda	365	15° 49' 03,62"	96° 37' 48,49"

precipitación media de 641 mm (INIFAP, 2014). De acuerdo con las facilidades otorgadas por el agricultor, se colectó un mínimo de quince frutos por población, y al momento de la colecta se integró una ficha de datos pasaporte con información de nombre del donante, georeferenciación del sitio de colecta, descripción del fruto y una descripción general del manejo que le da el agricultor al cultivo. Posteriormente, se extrajo la semilla de los frutos maduros y secos.

Manejo de experimento y caracterización agromorfológica

La siembra de la colección de chile tusta se efectuó el 1 de agosto del 2013, en bandejas (charolas) de poliestireno de 200 cavidades con sustrato comercial de *Spaghnum* sp. El 9 de octubre de 2013 se realizó el trasplante a un invernadero localizado en Madgalena Apasco, Oaxaca, 17° 14' 19,38" LN, 96° 49' 42,84"

LO y 1657 m de altitud. La localidad se caracteriza por variaciones térmicas promedio de 16 a 20 °C, precipitaciones de 600 a 700 mm y un clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano. En la Figura 1 se representan las variaciones de temperaturas externas al invernadero durante el desarrollo del experimento, donde se evaluó la variabilidad agromorfológica de una colección de poblaciones oaxaqueñas de chile tusta (*Capsicum annuum* L.).

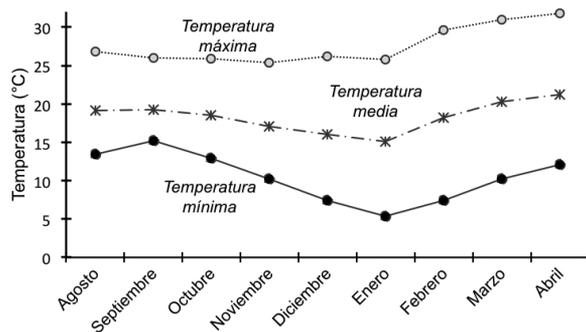


Figura 1. Temperaturas máximas, medias y mínimas en la localidad de Madgalena Apasco, Oaxaca. Agosto 2013 a abril 2014 (Fuente: Red de estaciones meteorológicas-INIFAP, Estación: Santo Domingo Barrio Bajo, Villa de Etla).

Figure 1. Maximum, average, and minimum temperatures in Madgalena Apasco, Oaxaca. From August 2013 to April 2014 (Source: Network-INIFAP meteorological stations, station: Santo Domingo Barrio Bajo, Villa de Etla).

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, en camas de suelo previamente desinfectado y preparado. La parcela experimental se constituyó por cinco plantas.

Previo al trasplante se incorporó estiércol de ganado bovino (2 kg/m) y 0,5 kg/m de la fórmula 18-46-0 (N-P-K) como fertilizante de fondo. Posteriormente, se realizaron riegos por goteo y junto con este se aplicó semanalmente 1 g/l de agua de nitrato de calcio y nitrato de magnesio. Complementariamente, se adicionó 18-18-18 (N-P-K).

Para prevenir el acame del cultivo fue necesario instalar tutores con maderas (1" x 2 m) como soporte, colocados cada tres metros a lo largo del surco, y a 20 cm de altura de las plantas se colocó el primer

hilo paralelo al surco. Se sujetaron en cada tutor, y posteriormente, se continuaron colocando los demás hilos, al final quedaron cuatro hilos.

Para la prevención y control de enfermedades se aplicó propamocarb clorhidrato, pentacloronitrobenceno, disulfuro de tetrametiluram, chlorothalonil y sulfato de cobre, todo esto debido a la presencia de *Phytophthora* sp., *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp., *Phytophthora* sp. y *Alternaria* sp., previamente identificados en el laboratorio. Para el control de plagas como *Bemisia tabaci*, *Spodoptera* sp. y *Tetranychus* sp., se aplicó abamectina, *Bauveria bassiana* y endosulfan.

Se evaluaron once caracteres agromorfológicos, con base en los descriptores para *Capsicum* propuestos por el IPGRI (1995): altura de planta a los 60 y 120 días después del trasplante (ddt), diámetro del tallo, días a floración, y en los frutos, peso y número por planta, largo y ancho, peso promedio al corte y treinta días después del corte, y porcentaje de pérdida de peso después de treinta días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Análisis estadísticos

Con la información de caracteres evaluados se hicieron análisis de varianza para probar las diferencias entre medias de cada uno de ellos en las poblaciones de chile tusta estudiadas, y se complementó con una comparación múltiple de medias por el método Tukey ($p < 0,05$). Los promedios por población se estandarizaron con el valor máximo de cada variable, se realizó un análisis de componentes principales por el método de varianzas y covarianzas, y se determinaron las variables de mayor valor descriptivo de la varianza total. Posteriormente, para obtener las diferencias significativas entre grupos, se hizo un análisis de conglomerados de agrupamiento jerárquico por el método de la media no ponderada (UPGMA, acrónimo en inglés). Todos los análisis estadísticos se realizaron en el paquete estadístico SAS (1999) versión 8.0 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre accesiones de chile tusta en diámetro del tallo, número de frutos por planta, altura de planta a los 60 y 120

días después del trasplante, días a floración, largo y ancho del fruto (Cuadro 2). La mayor variación entre poblaciones se cuantificó en altura de planta a sesenta días del trasplante, número de frutos por planta, largo y ancho de frutos y rendimiento por planta.

En la comparación de medias se observó que el 67,7% de los materiales (21) presentaron entre 70 y 89 días a la floración y el resto (CTU-1, CTU-8, CTU-9, CTU-10, CTU-17, CTU-20, CTU-21, CTU-22, CTU-26 y CTU-33) alcanzó esta etapa de 90 a 96 días. De las poblaciones que llegaron a fructificación el 52% mostraron frutos anchos (1,19 a 1,07 cm de diámetro) y el 48% angostos (1,06 a 0,95 cm). El 48% de las accesiones presentaron frutos cortos (1,41 a 1,62 cm) y el resto presentó frutos largos (1,63 a 2,37 cm) (Cuadro 3). Cabe señalar que se está ampliando la información agronómica sobre los chiles tustas para iniciar con un programa de selección de poblaciones para los productores de la región.

Los días a floración difirieron de lo reportado por Bautista-Cruz et al. (2012), quienes estimaron un promedio de 51 días después del trasplante y en este estudio se encontró que en promedio las plantas llegaron a floración a los 84 días. No obstante, el

largo y ancho de fruto fue similar a lo reportado por Bautista-Cruz et al. (2012) y Castellón-Martínez et al. (2014). En particular, el rendimiento (42,7 g/planta) y número de frutos (62,9 g) por planta estimados en este estudio fueron superiores a los encontrados por Castellón-Martínez et al. (2014), quienes reportan un promedio de 27,2 frutos por planta y un rendimiento de 7,97 g/planta.

Considerando el origen del germoplasma caracterizado, es de esperarse que el mayor desarrollo de plantas se presente en un ambiente de semitrópico o trópico, y en su defecto en ambientes controlados que propicien una condición de clima cálido y alta humedad relativa. En este trabajo, en el sitio experimental se presentaron variaciones de temperaturas mínimas entre 5 y 15 °C, condición que causó el retraso de la floración y el asentamiento de frutos. La floración ocurrió entre 70 y 100 ddt, que difieren de los 51 días reportados por Bautista-Cruz et al. (2012), y de 50 a 60 días reportados por Castellón-Martínez et al. (2014). La floración retrasada o tardía también influyó en el asentamiento de frutos e hizo que trece materiales (41,9% del total) no presentaran suficientes frutos (<10) para poder ser considerados en la evaluación

Cuadro 2. Significancia de cuadrados medios del análisis de varianza y coeficiente de variación en 12 caracteres evaluados en 31 poblaciones nativas de Chile Tusta, en Oaxaca, México. Invierno 2013-primavera 2014.

Table 2. Mean squares significance from analysis of variance and coefficient of variation of 12 traits evaluated in 31 native populations of Tusta pepper, in Oaxaca, Mexico. From Winter 2013 to Spring 2014.

VARIABLES EVALUADAS	CUADRADO MEDIO	MEDIA	COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)
Altura de planta a 60 ddt ¹	113,083**	24,2	25,3
Altura de planta a 120 ddt ¹	130,958**	46,8	16,2
Diámetro de tallo	0,026*	0,8	14,6
Días de trasplante a floración	205,632**	84,4	11,6
Peso fresco (15 frutos)	0,481 ^{ns}	10,2	15,6
Peso seco (15 frutos 30 días después del corte)	0,061 ^{ns}	2,3	16,1
Pérdida de peso	75,385 ^{ns}	76,1	11,0
Número de frutos por planta	8,11*	62,9	23,1
Largo de fruto	2,619**	1,7	22,4
Diámetro medio de fruto	0,275**	1,1	17,8
Rendimiento por planta	5,54 ^{ns}	42,7	28,9

¹ ddt, días después del trasplante; ^{ns} no significativo a p>0,05; *significativo a p<0,05; **significativo a p<0,01/ ¹ ddt, days after transplantation; ^{ns} not significant to p>0,05; *significant to p<0,05; **significant to p<0,01.

Cuadro 3. Comparación de medias de los parámetros evaluadas de 31 poblaciones de chile tusta (*Capsicum annuum* L.) en Magdalena Apasco, Oaxaca, México. Invierno 2013 – primavera 2014.

Table 3. Comparison of mean of the parameters evaluated of 31 tusta pepper (*Capsicum annuum* L.) populations in Magdalena Apasco, Oaxaca, Mexico. From Winter 2013 to Spring 2014.

Colecta	Altura de planta		Diámetro de tallo (cm)	Días a floración ¹	Ancho de fruto (cm)	Largo de fruto (cm)	Rend./ planta (g)	Frutos por planta	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Pérdida de peso (g)
	60 ddt ¹	120 ddt									
CTU1	20,9 ab [†]	40,4 bc	0,80 ab	90 abcde	SF	SF	SF	SF	SF	SF	SF
CTU2	29,5 ab	54,3 ab	0,92 ab	81 abcdefg	1,01 efg	1,71 cdefgh	18,0 a	25,4 g	12,50 a	2,52 a	79,88 a
CTU3	24,3 ab	44,2 abc	0,80 ab	71 efg	1,01 efg	1,41 i	SF	23,2 h	5,41 a	2,09 a	61,13 a
CTU4	23,3 ab	46,8 abc	0,75 b	89 abcdef	1,03 cdefg	1,83 cd	73,6 a	104,4 a	11,03 a	2,55 a	77,47 a
CTU5	24,7 ab	46,5 abc	0,87 ab	76 cdefg	1,19 a	1,73 cdefgh	SF	SF	SF	SF	SF
CTU6	30,5 ab	55,2 a	0,93 ab	89 abcdefg	1,11 abcdef	1,48 hi	47,0 a	71,5 c	7,82 a	1,78 a	77,41 a
CTU8	22,0 ab	46,1 abc	0,77 ab	96 ab	SF	SF	SF	SF	SF	SF	SF
CTU9	20,7 ab	37,3 c	0,84 ab	92 abcd	SF	SF	SF	SF	SF	SF	SF
CTU10	21,0 ab	45,0 abc	0,80 ab	92 abcd	1,05 cdefg	2,37 a	SF	SF	SF	SF	SF
CTU11	19,4 b	42,4 abc	0,77 ab	86 abcdefg	1,19 a	1,68 cdefgh	39,6 a	55,8 d	11,33 a	2,06 a	80,85 a
CTU12	21,7 ab	45,3 abc	0,91 ab	83 abcdefg	1,12 abcde	1,60 defghi	27,4 a	39,8 e	10,00 a	2,48 a	74,47 a
CTU13	26,6 ab	50,4 abc	0,83 ab	72 efg	1,07 abcdefg	1,56 efghi	SF	SF	SF	SF	SF
CTU14	25,7 ab	46,9 abc	0,98 a	78 bcdefg	1,09 abcdef	1,61 defghi	17,4 a	30,7 f	9,76 a	2,17 a	76,40 a
CTU15	24,8 ab	45,4 abc	0,83 ab	70 g	1,15 abc	1,58 efghi	30,8 a	36,0 e	9,15 a	2,03 a	77,81 a
CTU16	22,4 ab	43,1 abc	0,87 ab	72 efg	1,10 abcdef	1,50 ghi	58,1 a	86,8 b	13,00 a	3,04 a	77,12 a
CTU17	22,2 ab	42,7 abc	0,84 ab	92 abcd	1,18 ab	1,73 cdefg	SF	SF	SF	SF	SF
CTU18	26,4 ab	49,8 abc	0,85 ab	89 abcdefg	SF	SF	SF	SF	SF	SF	SF
CTU19	23,2 ab	44,7 abc	0,79 ab	80 abcdefg	1,10 abcdef	1,56 efghi	37,1 a	52,2 d	7,79 a	1,89 a	75,73 a
CTU20	31,6 a	52,1 ab	0,85 ab	92 abcd	1,01 defg	1,56 fghi	--	18,3 h	8,50 a	2,01 a	76,92 a
CTU21	19,2 b	46,0 abc	0,77 ab	94 abc	1,07 bcdefg	1,79 cdef	--	27,0 fg	5,00 a	1,57 a	59,57 a
CTU22	21,2 ab	49,8 abc	0,83 ab	92 abcd	1,05 cdefg	1,84 cd	19,7 a	28,1 fg	11,50 a	2,52 a	78,13 a
CTU23	23,0 a	49,7 abc	0,77 ab	86 abcdefg	1,08 abcdef	1,62 defghi	SF	SF	SF	SF	SF
CTU24	19,9 b	43,1 abc	0,78 ab	71 fg	1,16 abc	1,67 cdefgh	58,3 a	76,3 c	17,00 a	3,66 a	78,90 a
CTU25	27,9 ab	49,6 abc	0,83 ab	85 abcdefg	1,14 abcd	1,90 bc	SF	SF	SF	SF	SF
CTU26	22,7 ab	53,4 ab	0,73 b	92 abcd	1,04 cdefg	1,74 cdefg	21,6 a	36,1 e	SF	SF	SF
CTU27	22,9 ab	43,7 abc	0,83 ab	87 abcdefg	SF	SF	SF	SF	SF	SF	SF
CTU28	26,4 ab	43,0 abc	0,83 ab	88 abcdefg	1,00 fg	2,13 ab	17,7 a	27,3 fg	10,78 a	2,40 a	77,03 a
CTU29	28,7 ab	49,8 abc	0,85 ab	74 defg	1,06 bcdefg	1,51 ghi	45,6 a	82,7 b	8,50 a	1,75 a	79,75 a
CTU30	23,1 ab	49,6 abc	0,79 ab	88 abcdefg	0,95 g	1,81 cde	SF	SF	SF	SF	SF
CTU32	32,0 a	48,8 abc	0,82 ab	73 efg	1,00 fg	1,51 ghi	25,2 a	51,7 d	11,00 a	2,17 a	79,89 a
CTU33	22,2 ab	46,4 abc	0,77 ab	96 a	SF	SF	SF	SF	SF	SF	SF

¹ddt, días después del trasplante / ddt, days after transplantation.

[†]medias con la misma letra no difieren significativamente (Tukey, p<0,05) / [†]means with the same letter are not different significantly (Tukey, p<0,05).

SF, sin fructificación a 202 días después del trasplante / SF, without fruiting to 202 days after transplantation.

de rendimiento por planta (Cuadro 3). Este tipo de respuestas fue documentada en otros trabajos, estos indican que cuando la temperatura mínima es inferior a 15 °C (Maroto, 1995; Vallejo y Estrada, 2004; García y Nava, 2009), se producen efectos negativos en su productividad (Montaño y Belisario, 2012).

Con el análisis de componentes principales se determinó que la altura de planta a los 120 ddt, diámetro de tallo, ancho de fruto, rendimiento por planta, frutos por planta, peso fresco de frutos, peso seco y pérdida de peso, fueron las variables de mayor valor explicativo de la variación fenotípica de las 31

poblaciones caracterizadas de chile tusta. En los dos primeros componentes principales se explicaron el 92,4% de la varianza total.

Los patrones de variación fenotípica de las poblaciones colectadas en Santo Domingo de Morelos y Santa María Tonameca se muestran en la Figura 2. Se denotó que las poblaciones de La Oscurana y Las Pilas, Santa María Tonameca presentaron mayor pérdida de peso como parte de su mayor peso de frutos (cuadrante I, en el sentido del movimiento de las manecillas del reloj). En este mismo sentido se puede marcar la gran variabilidad de las poblaciones de chile tusta colectadas en el municipio de Santo Domingo de Morelos, debido a que tienen una amplia distribución en todos los cuadrantes. Consecuentemente, puede asumirse como una población de alta diversidad fenotípica en formas, tamaños, pesos y rendimientos de frutos por planta en las poblaciones colectadas en este municipio.

En el análisis de conglomerados (Figura 3) se determinaron tres grupos fenotípicos significativamente diferentes. El grupo I lo conformaron nueve poblaciones que se caracterizaron por su diámetro de tallo; se divide en dos subgrupos: la conformado por siete poblaciones con un mayor diámetro de tallo,

plantas tardías y frutos alargados; el subgrupo Ib conformado por las poblaciones CTU-20 y CTU-3, se diferencia por presentar menor diámetro de tallo y fruto, bajo número de frutos y rendimientos por planta. El grupo II se conformó por cinco materiales que se diferenciaron del resto por tener plantas altas y frutos cortos. Finalmente el grupo III se integró por plantas precoces, mayor diámetro, número de frutos y rendimiento por planta.

Es importante señalar que las características morfo-agronómicas que presentó el grupo III con las colectas CTU4, CTU16 y CTU24, indican que fueron las más precoces, de mayor tamaño en frutos, floración y fructificación; estas estaban ubicadas desde 138 hasta 231 msnm.

Se determinó que hubo diferencias significativas entre grupos ($p < 0,01$) en peso seco y fresco de frutos, pérdida de peso, rendimiento y número de frutos por planta (Cuadro 4). Esto indica que existe amplia diversidad fenotípica entre poblaciones de chile tusta, y a medida que se amplíe la representación poblacional se tendrá un mejor entendimiento de la variabilidad agromorfológica y fisiológica, y podrán diseñarse estrategias de aprovechamiento y conservación *in situ*

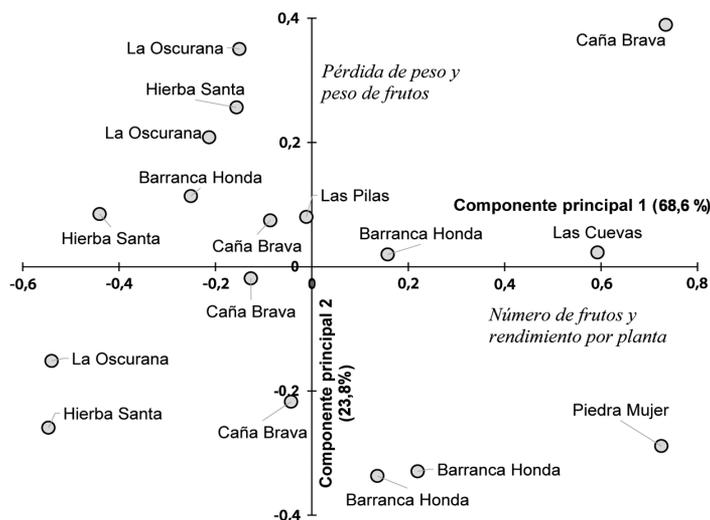


Figura 2. Dispersión de poblaciones nativas de chile tusta (*Capsicum annuum* L.) originarias de los municipios de Santa María Tonameca y Santo Domingo de Morelos, Oaxaca, con base en los dos primeros componentes principales. Invierno 2013 – primavera 2014.

Figure 2. Dispersion of tusta pepper (*Capsicum annuum* L.) native populations originated in Santa María Tonameca and Santo Domingo de Morelos, Oaxaca, according to the first two principal components. From Winter 2013 to Spring 2014.

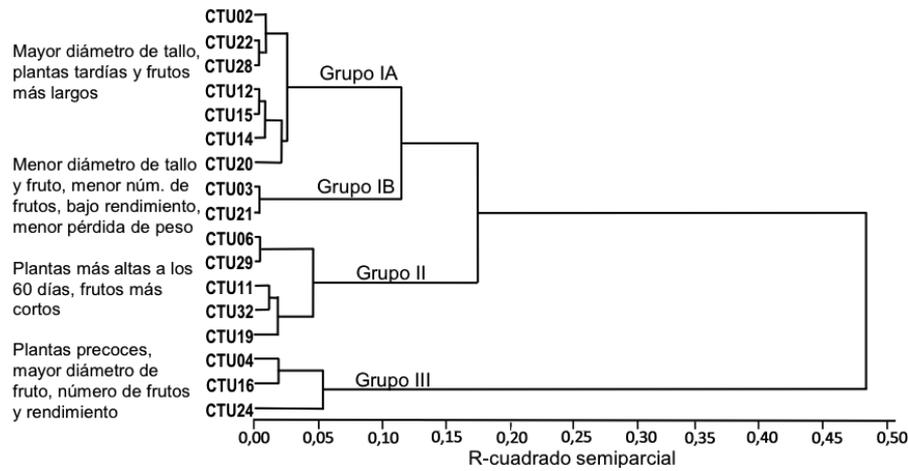


Figura 3. Dendrograma de agrupamiento jerárquico de poblaciones nativas de Chile Tusta (*Capsicum annuum* L.), colectadas de agosto 2013 a abril 2014 en los municipios de Santa María Tonameca y Santo Domingo de Morelos, Oaxaca, México.

Figure 3. Hierarchical clustering dendrogram of tusta pepper (*Capsicum annuum* L.) native populations collected from August 2013 to April 2014 in Santa María Tonameca and Santo Domingo de Morelos, Oaxaca, Mexico.

Cuadro 4. Significancia de cuadrados medios del análisis de varianza de once variables fenológicas, morfológicas y rendimiento para evaluar la diferencia entre grupos fenotípicos de Chile Tusta (*Capsicum annuum* L.), colectadas de agosto 2013 a abril 2014, en los municipios de Santa María Tonameca y Santo Domingo de Morelos, Oaxaca, México.

Table 4. Mean squares significance from analysis of variance of 11 phenological, morphological, and yield variables to evaluate the difference between phenotypic groups of tusta pepper (*Capsicum annuum* L.), collected from August 2013 to April 2014 in Santa María Tonameca and Santo Domingo de Morelos, Oaxaca, Mexico.

VARIABLES EVALUADAS	GRUPO	MEDIA	CV (%)
Altura de planta a 60 días ¹	49,18 ^{NS}	25,0	21,0
Altura de planta a 120 días ¹	44,17 ^{NS}	46,7	13,9
Diámetro de tallo	0,01 ^{NS}	0,8	13,6
Días a floración ¹	85,21 ^{NS}	81,4	15,6
Peso fresco (15 frutos)	71,91 ^{**}	10,2	29,6
Peso seco (15 frutos)	2,69 ^{**}	2,3	27,9
Pérdida de peso (%)	371,09 ^{**}	76,1	8,8
Rendimiento por planta (g)	34,59 ^{**}	36,2	24,0
Número de frutos por planta	42,39 ^{**}	55,0	20,2
Largo de fruto (cm)	0,12 ^{NS}	1,6	13,3
Diámetro de fruto (cm)	0,01 ^{NS}	1,1	8,5

¹Después del trasplante; CV: coeficiente de variación / After transplantation; CV: coefficient of variation.

^{NS}no significativo a $p > 0,05$ / ^{NS}not significant to $p > 0,05$.

^{**}Significativo a $p < 0,01$ / ^{**}significant to $p < 0,01$.

en su nicho de distribución, desde Ejutla de Crespo, San José del Peñasco, San Miguel Coatlán, San Miguel Ejutla, Santa Catarina Loxicha, hasta Santa María Tonameca y Santo Domingo de Morelos como lo denotan las colectas de este trabajo y referencias previas (Bautista-Cruz et al., 2012; Castellón-Martínez et al., 2014). Es conveniente seguir documentando este tipo de chile antes de su probable reemplazo por otros cultivares en “extinción” porque la región de distribución es muy localizada, y pocos agricultores lo siembran.

Respecto a la variación fenotípica entre grupos, el grupo I presentó las plantas más tardías (83,5 días) a la floración después del trasplante y la diferencia entre subgrupos fue en diámetro de tallo. En el grupo II se presentaron las plantas más altas (47,7 cm), la mayor pérdida de peso (78,78%) y los frutos más pequeños (1,52 cm de largo), en contraste con el grupo III que presentó plantas pequeñas (43,9 cm), frutos de mayor diámetro (1,10 cm), y los mayores rendimientos

por planta (76 g). Además, el mayor número de frutos se determinó en el grupo III, 107 frutos. En contraposición, el grupo I manifestó la menor pérdida de peso 60,35% y rendimientos bajos con 10,7 g por planta (Cuadro 5).

Con base en los resultados de este y trabajos previos (Bautista-Cruz et al., 2012; Castellón-Martínez et al., 2014), se podría describir a la variabilidad agromorfológica del chile tusta como una planta que alcanza una altura de 17 a 40 cm, de 22 a 54 cm, 55 cm, y de 43 a 71 cm a 30, 60, 90 y 120 ddt, respectivamente. La floración se manifestó entre 50 y 84 días del trasplante y presentó flores blancas, un fruto color crema o marfil con una o más manchas antocianínicas de forma triangular-alargada, frutos de dimensiones variables de 0,5 a 1,1 cm de diámetro medio, de 1,5 a 2,1 de largo y un peso medio de 0,1 a 1,1 g por fruto, con un promedio de 20 a 107 frutos y rendimientos de 10 a 76 g por planta, esto último a 220 días del trasplante.

Cuadro 5. Comparación de medias entre grupos de diversidad fenotípica de chile tusta (*Capsicum annuum* L.), colectadas de agosto 2013 a abril 2014, en los municipios de Santa María Tonameca y Santo Domingo de Morelos, Oaxaca, México.

Table 5. Comparison of mean between groups phenotypic diversity of tusta pepper (*Capsicum annuum* L.), collected of august 2013 to april 2014 in the municipalities of Santa María Tonameca and Santo Domingo de Morelos, Oaxaca, Mexico.

Variables evaluadas	Grupos fenotípicos (n = colectas)			
	Ia (7)	Ib (2)	II (5)	III (3)
Altura de la planta a 60 días ¹ (cm)	25,6 a ²	21,8 a	26,5 a	22,3 a
Altura de la planta a 120 días ¹ (cm)	47,7 a	44,6 a	47,7 a	43,9 a
Diámetro del tallo (cm)	0,82 a	0,63 a	0,73 a	0,66 a
Días a floración ¹	83,5 a	82,5 a	80,3 a	77,4 a
Peso fresco (g, 15 frutos)	10,34 ab	5,20 c	9,34 bc	14,15 a
Peso seco de (g, 15 frutos)	2,31 ab	1,83 b	1,93 b	3,17 a
Pérdida de peso (%)	77,22 a	60,35 b	78,79 a	77,98 a
Rendimiento por planta (g)	21,0 c	10,7 c	45,3 b	76,0 a
Número de frutos por planta	30,9 b	25,1 b	72,3 a	106,4 a
Largo del fruto (cm)	1,74 a	1,60 a	1,52 a	1,64 a
Diámetro del fruto (cm)	1,06 a	1,03 a	1,08 a	1,10 a

¹ Después del trasplante / After transplantation.

² Medias con la misma letra no difieren significativamente (Tukey, P<0,05) / Means with the same letter are not different significantly (Tukey, P<0.05).

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Meléndez, A., P.L. Morrell, M.L. Roose, and K. Seung-Chul. 2009. Genetic diversity and structure in semiwild and domesticated chiles (*Capsicum annuum*; Solanaceae) from Mexico. *Am. J. Bot.* 96:1190–1202.
- Aguilar-Rincón, V.H., T. Corona-Torres, P. López-López, L. Latournerie-Moreno, M. Ramírez-Meraz, H. Villalón-Mendoza, y J.A. Aguilar-Castillo. 2010. Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT-Conkal, UNAL y UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México, MEX.
- Bautista-Cruz, M., J.C. Carrillo-Rodríguez, J.L. Chávez-Servia, e Y. Villegas-Aparicio. 2012. Diferencias morfológica entre variantes de chile (*Capsicum annuum* L.) de Oaxaca, en invernadero. En: Memorias de la Novena Convención Mundial del Chile. Zacatecas, México. 5-7 de julio 2012. Comité Nacional de Productores de Chile A.C., Consejo Estatal de Productores de Chile en Zacatecas S.C., Universidad Autónoma de Zacatecas, Fundación Produce Zacatecas, Comité Estatal de Sanidad Vegetal A.C. y Comité Estatal Sistema Producto de Zacatecas A.C. Zacatecas, MEX. p. 373-379.
- Castañón-Nájera, G., L. Latournerie-Moreno, M. Mendoza-Elos, A. Vargas-López, y H. Cárdenas-Morales. 2008. Colección y caracterización de chile (*Capsicum* spp.) en Tabasco, México. *Rev. Int. Bot. Exp. Phytón* 77:189-202.
- Castellón-Martínez, E., J.C. Carrillo-Rodríguez, J.L. Chávez-Servia, y A.M. Vera-Guzmán. 2014. Variación fenotípica de morfotipos de chile (*Capsicum annuum* L.) nativo de Oaxaca, México. *Rev. Int. Bot. Exp. Phytón* 83:225-236.
- Castellón-Martínez, E., J.L. Chávez-Servia, J. Carrillo-Rodríguez, y A. Vera-Guzmán. 2012. Preferencias de consumo de chiles (*Capsicum annuum* L.) nativos en los Valles Centrales de Oaxaca, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 35:27-35.
- Costa, J., G. Palomares, J. Cuartero, and F. Nuez. 1982. Germplasm resources of *Capsicum* from México. Research Reported INIA, UPV and CSIC. USA.
- Eshbaugh, W.H. 1980. The taxonomy of the genus *Capsicum* (Solanaceae). *Phytologia* 47:153-166.
- García, S.J.A., y P.R.J. Nava. 2009. El chile jalapeño: su cultivo de temporal en Quintana Roo. Folleto Técnico No. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Sureste. Chetumal, Quintana Roo, MEX.
- Hernández-Verdugo, S., R. Luna-Reyes and K. Oayama. 2001. Genetic structure and differentiation of wild and domesticated populations of *Capsicum annuum* (Solanaceae) from Mexico. *Plant Syst. Evol.* 226:129-142.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2014. Red de estaciones agroclimatológicas. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/est.aspx?est=36361> (consultado 2 ago. 2014).
- IPGRI (International Plant Genetic Resources). 1995. Descriptores para *Capsicum* spp. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Centro Asiático para el Desarrollo e Investigación Relativo a los Vegetales y Centro Agronómico Tropical de Investigación. Roma, ITA.
- Latournerie, L., J.L. Chávez, M. Pérez, C.F. Hernández, R. Martínez, L.M. Arias, y G. Castañón. 2001. Exploración de la diversidad morfológica de chiles regionales en Yaxcabá, Yucatán, México. *Agron. Mesoam.* 12:41-47.
- López, P., y H. Castro G. 2007. La diversidad genética del chile (*Capsicum* spp.) en Oaxaca, México. *Rev. AgroProduce* 16:5-7.
- Maroto, J.V. 1995. Horticultura herbácea especial. 5 ed. Mundi-Prensa. Madrid, ESP.
- Montaño, N.J., y H. del C. Belisario. 2012. Comportamiento agronómico de siete cultivares de pimentón (*Capsicum annuum* L.). *Rev. Cient. UDO Agríc.* 12:32-44.
- Pérez-Castañeda, L.M., G. Castañón-Nájera, y N. Mayek-Pérez. 2008. Diversidad morfológica de chiles (*Capsicum* spp.) de Tabasco, México. *Cuadernos de Biodiversidad* 27:11-22.
- Perry, F., and K. Flannery. 2007. Precolumbian use of chili peppers in the Valley of Oaxaca, Mexico. *Proc. Natl. Acad. Sci USA* 104:11905-11909.
- SAS (Statistical Analysis System). 1999. SAS® Procedures Guide, Versión 8. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. Anuario estadístico de la producción agrícola 2013. Sistema de Información Agrícola y Pecuaria, SAGARPA, México, D.F. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> (consultado 2 ago. 2014).
- Vallejo, F.A., y S.E. Estrada. 2004. Producción de hortalizas de clima cálido. Universidad Nacional de Colombia, Imágenes Gráficas, COL.

- Vera-Guzmán, A.M., J.L. Chávez-Servia, J.C. Carrillo-Rodríguez, y M.G. López. 2011. Phytochemical evaluation of wild and cultivated pepper (*Capsicum annuum* and *C. pubescens* Ruiz & Pav.) from Oaxaca, Mexico. Chilean J.Agric. Res. 71:578-585.
- Votova, E.J., G.P. Nabhan, and P.W. Bosland. 2002. Genetic diversity and similarity revealed via molecular analysis among and within an *in situ* population and *ex situ* accessions of chiltepin (*Capsicum annuum* var. *glabrisculum*). Conserv. Genet. 3:123-129.

