



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GENÉTICA

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA DE CHILES CRIOLLOS
(*Capsicum annuum* L.) DEL SUR DEL ESTADO DE PUEBLA

SARA HIRÁN MORÁN BAÑUELOS

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2008

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA DE CHILES CRIOLLOS (*Capsicum annuum* L.)
DEL SUR DEL ESTADO DE PUEBLA

Sara Hirán Morán Bañuelos, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2008

Dado el valor agronómico y cultural del chile en México se planteó el estudio de la diversidad biológica del chile criollo (*Capsicum annuum* L.) en el estado de Puebla, mediante la caracterización y evaluación de 43 poblaciones en términos de su variación morfológica, en el contenido de capsaicinoides y la resistencia genética al fitopatógeno *Phytophthora capsici* Leo. El análisis multivariado considerando 41 atributos morfológicos permitió la clasificación de las poblaciones en los tipos: Miahuateco, Poblano, Copi y criollos de Tecamatlán, con base en su hábito de crecimiento, la posición, forma y longitud de la corola, así como en el tamaño, forma y coloración de los frutos en el estado maduro. Por su contenido de capsaicinoides hubo diferencias significativas entre tipos, siendo Copi el más picante; en tanto que dentro del tipo Miahuateco se encontraron materiales tan picantes como el Poblano y otros aún más picantes. Plantas de los chiles criollos de Tecamatlán y los miahuatecos de Tlacotepec contrarrestaron la invasión del patógeno, por lo que podrían tener potencial en programas de mejoramiento. La información obtenida contribuye al conocimiento de los recursos genéticos de chile en el estado y aporta información relevante para su conservación y uso sustentable. Se destaca la importancia de las preferencias tradicionales en la selección y mejoramiento del recurso.

Palabras clave: chile Miahuateco, chile Poblano, chile Copi, criollos de Tecamatlán, capsaicinoides, resistencia genética.

BIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF LANDRACES CHILI PEPPERS
(*Capsicum annuum* L.) OF SOUTHERN PUEBLA

Sara Hirán Morán Bañuelos, Ph. D.

Colegio de Postgraduados, 2008

Given the agronomic and cultural value of chili peppers in Mexico, the purpose of this research was to study the biological diversity of chili peppers landraces (*Capsicum annuum* L.) in the state of Puebla, by means of the characterization of 43 populations in terms of its morphologic variation, the capsaicinoids contents and the genetic resistance to *Phytophthora capsici* Leo. The multivariate analysis considering 41 morphological attributes allowed the classification of the populations in the types: Miahuateco, Poblano, Copi and Tecamatlán landraces, base on its habit of growth, the position, form and length of the corolla, as well as the size, form and coloration of fruits in the mature state. According to the capsaicinoids content, there was statistic differences between types, being Copi the hottest, mean while within Miahuateco type were found materials as hot as Poblano and some others even more hot. Plants from the chili landraces from Tecamatlán and the Miahuatecos from Tlacotepec were resistant to pathogen invasion; therefore, they may be useful in a chili pepper breeding program. The information obtained contributes to the knowledge on genetic resources of chili in the estate and brings relevant information for their conservation and sustainable use. We emphasize the importance of traditional preferences on the selection and improvement of this resource.

Keywords: Miahuateco pepper, Poblano pepper, Copi pepper, chili pepper landraces from Tecamatlán, capsaicinoids, genetic resistance.

INTRODUCCIÓN GENERAL

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los chiles pertenecen al género *Capsicum*, originario de América, y los que se consumen de manera tradicional en México pertenecen a las especies *C. annuum*, *C. chinense* y *C. pubescens*. Los chiles se integraron a la dieta de las comunidades mesoamericanas desde hace aproximadamente 8,000 años y su domesticación permitió que el cultivo se extendiera a todo el territorio nacional. Consecuentemente, se generó una amplia variación biológica a nivel inter e intraespecífica, la cual constituye los recursos genéticos del chile, patrimonio de la nación.

La conservación y utilización sostenible del recurso son de orden estratégico para satisfacer las necesidades alimentarias y culturales de la población, tanto en el presente como para las generaciones futuras. Para ello resulta esencial ampliar el conocimiento científico y desarrollar opciones tecnológicas que permitan diseñar estrategias para enfrentar los factores adversos que amenazan su existencia. Asimismo, desarrollar las oportunidades inherentes a la diversidad del chile como recurso.

En la actualidad, el germoplasma de tipo criollo cultivado en los sistemas agrícolas tradicionales tiene un amplio potencial de uso como fuente de genes para mejorar tanto la calidad y productividad como la resistencia y/o tolerancia a plagas y enfermedades. En el estado de Puebla se encuentra una amplia variación del chile criollo ya que es parte del centro de diversificación de *Capsicum* y es probable que sea el centro de origen del tipo Poblano (Conaproch, 2008). Se reconoce que en el estado es tradicional el cultivo de chile Poblano, para su consumo en verde en los municipios de San Martín Texmelucan, EL Verde y San Matías Tlalancaleca; el chile Miahuateco para su consumo tanto en verde como seco en los municipios Miahuatlán, Tepanco, Tlacotepec, Yehualtepec, Xochitlán y Tecamachalco; además existen otros tipos de chile de aprecio y consumo más localizado como aquellos que se cultivan en el municipio de Tecamatlán.

Sin embargo, en años recientes se ha presentado una reducción considerable en la superficie cultivada dentro del estado a causa de problemas fitosanitarios y de la disminución del área cultivada, principalmente (Fernández, 2007); este hecho pone en riesgo la persistencia de materiales que han sido cultivados por varias generaciones en ambientes particulares. Por consiguiente, se planteó estudiar el estado de la diversidad biológica de *C. annuum* mediante la exploración de esos municipios y coleccionar poblaciones de Chile para su estudio.

OBJETIVOS

1. Estudiar la diversidad morfológica de chiles criollos (*Capsicum annuum* L.) presente en la región sur del estado de Puebla.
2. Cuantificar el contenido de capsaicinoides en las poblaciones de Chile criollo caracterizadas.
3. Evaluar la susceptibilidad de las poblaciones de Chile criollo a *Phytophthora capsici* e identificar material con resistencia a este patógeno.

HIPÓTESIS

Las preferencias por ciertos tipos de Chile, el flujo de germoplasma y la diversidad de condiciones ambientales en la región sur del estado de Puebla han generado un espectro de variación biológica que puede ser definido a partir de la caracterización de poblaciones representativas de algunos tipos de Chile, en términos de su morfología, contenido de capsaicinoides y respuesta a la inoculación con *Phytophthora capsici* Leo.

REVISIÓN DE LITERATURA

Taxonomía

El género *Capsicum* es uno de los principales cultivos hortícolas; sus frutos se conocen comúnmente como Chile, pimientos o ajíes. Desde el punto de vista botánico, se reconocen a más de 27 especies de *Capsicum*, 12 de ellas han tenido uso antropocéntrico pero cinco son las de mayor importancia agronómica: *Capsicum annuum* L., *Capsicum chinense* Jacq., *Capsicum frutescens* L., *Capsicum baccatum* L. y *Capsicum pubescens* R&P (McLeod *et al.*, 1979; Eshbaugh, 1980).

La diversidad dentro del género ha sido estudiada y un aspecto que ha sido determinante en la clasificación de sus especies es el color de la corola; distinguiéndose tres grupos: el de flores blancas (*C. annuum* var. *annuum*, *C. chinense* y *C. frutescens*); el de flores blancas con manchas amarillo-verdosas (*C. baccatum*) y el de flores púrpura (*C. pubescens*). A pesar de que hay avances importantes en la comprensión de su taxonomía, origen, evolución y procesos de domesticación, aún faltan aspectos importantes por conocer; entre ellos se halla el estudio de la diversidad genética dentro de la especie *C. annuum* L., la de mayor variación a nivel mundial, en forma, color, sabor, aroma y grado de picor de sus frutos (Muñoz y Pinto, 1966; Laborde y Pozo, 1984; Pickersgill, 1997; Hernández *et al.*, 1999); y además, la más importante desde el punto de vista económico por su alta producción, amplia distribución y multiplicidad de usos, ya sea como hortaliza o como condimento en forma de salsas, polvo o encurtido (Heiser, 1995).

La especie se caracteriza por presentar plantas con alturas que pueden variar desde 50 a más de 100 cm, con o sin pubescencia; pedicelos solitarios o en pares, delgados o gruesos, erectos o colgantes; hojas ovadas, acuminadas; cáliz dentado con 5 ó 6 sépalos; una flor por nudo y corola de color blanco claro; estilo de 1.5 a 7 mm de longitud, de color blanco, blanco amarillento, cremoso o morado; y anteras de color verde, gris o azul-verde antes de la dehiscencia.

La longitud del fruto va desde menos de 1 cm, como en el caso del chile piquín o chiltepín, hasta alrededor de 30 cm, como en el caso del chile pasilla. La forma del fruto puede ser cónica o en forma de trompo, alargada, redonda, ligeramente cuadrada o aplanada. El color puede ser amarillo o verde cuando el fruto está tierno, y rojo, amarillo, anaranjado o café achocolatado cuando ha madurado. El sabor varía desde muy picante hasta no picante o dulce. La semilla tiene de 3 a 5 mm de diámetro y su color generalmente es amarillento (Bravo, 1934; Muñoz y Pinto, 1966; Montoya, 1992; Hernández *et al.*, 1999).

Importancia social y económica

El chile ha estado presente en la dieta de las poblaciones humanas desde hace más de 10,000-12,000 años, según los hallazgos de Perry y Flannery (2007) y al parecer la forma en que se consumía no difiere en gran medida al uso actual. Los frutos se

comen directamente como verdura, en forma de salsas, polvos o encurtidos, o simplemente como condimento; su aportación nutricional en fresco consiste en vitamina B, C, E y provitamina A (caroteno). La especie *C. annuum* en particular contiene vitamina C en un intervalo de 122 a 146 mg 100 g⁻¹ de peso fresco en frutos verdes y 155 a 233 mg 100 g⁻¹ peso fresco en frutos rojos (Eshbaugh, 1970; Lee y Kader, 2000; Pruthi, 2003; Cruz *et al.*, 2007).

Aunado al uso alimenticio, también se ha mostrado que los componentes químicos del chile, denominados capsaicinoides poseen propiedades de tipo analgésicas, anti-inflamatorias, antioxidantes e incluso potencialmente anticancerígenas (Djamgoz e Isbilen, 2006; Mori *et al.*, 2006). Este hecho ya era conocido de forma empírica por las comunidades indígenas de México, Centro y Sudamérica, quienes lo usan para aliviar dolores, desordenes pulmonares respiratorios como resfriados y tos; afecciones en la piel, como salpullido o ulceraciones; cólicos y diarrea; asma; artritis; así como dolores de cabeza y musculares. Las partes de la planta que se utilizan para estos fines son la semilla, el fruto y la hoja que se administran en forma oral o sobre la piel, cocida o sin tratamiento previo (Simon *et al.*, 1984; Coe y Anderson, 1996; Ibarra *et al.*, 1997).

Los capsaicinoides son un grupo de alcaloides que se sintetizan únicamente en los frutos del género *Capsicum* y es la cantidad acumulada de éstos, la responsable de su picor (Vázquez *et al.*, 2007). Se localizan principalmente en el tejido de la placenta adyacente a las semillas (De, 2003; Ben-Chaim *et al.*, 2006). La capsaicina es el principal compuesto de este tipo; fue aislada en 1898 y hasta 1923 se determinó su constitución química (Ishikawa, 2003) aunque ya en 1912 el químico norteamericano Wilbur Scoville había cuantificado la pungencia de frutos de *Capsicum* al examinar las propiedades organolépticas de sus extractos y estableció una escala de picor en las unidades denominadas Unidades Scoville de Picor, USP (SHU, por sus siglas en inglés); escala que se utiliza hasta la fecha para describir el picor de los chiles, pero ahora con base en métodos analíticos más precisos y correlacionados con la escala Scoville original. El picor de algunos chiles se presenta en el Cuadro 1 (Ravishankar *et al.*, 2003).

Cuadro 1. Nivel de picor en Unidades Scoville (USP) de varios tipos de chile.

Tipo de chile	Intervalo de Picor (USP)	Tipo de chile	Intervalo de Picor (USP)
Habanero [†]	200,000–300,000	Puya	5,000
Piquín	75,000	Guajillo	5,000
Chiltecpín	70,000–75,000	Jalapeño	3,500–4,500
Tabasco	30,00–50,000	Poblano	2,500–3,000
Cayenne	35,000	Pasilla	2,500
Arbol	25,000	Anaheim	1,000–1,400
Chipotle	10,000	Ancho	1,000
Serrano	7,000–25,000	Bell y Pimento	0

[†] Habanero: *Capsicum chinense*; Tabasco: *Capsicum frutescens*; el resto: *Capsicum annuum*. Niveles de picor: suave 0–5,000; medio 5,000–20,000; picante 20,000–70,000; extremadamente picante 70,000–300,000 (Ravishankar *et al.*, 2003).

Aun cuando el chile (*Capsicum* spp.) no es considerado como uno de los cultivos de mayor importancia económica en el mundo, en algunos países y regiones geográficas juega un papel importante en la economía. En 2006, la FAO reportó que la superficie sembrada de chiles ascendió a 1,696,891 hectáreas (ha), con una producción de 25,015,498 toneladas (ton); la mitad de esta superficie se encuentra en el continente asiático, siendo China el principal productor (612,800 ha), seguido de Indonesia (173,817 ha) y México con 140,693 ha sembradas en ese año (Conaproch, 2008).

De 1993 a la fecha se observa un incremento del 48 % en la superficie cultivada con chile; se duplicaron los volúmenes de producción y se incrementaron en un 40% los rendimientos. El uso de tecnologías de alta precisión en la aplicación de riegos y fertilizantes ha promovido que se alcancen rendimientos de hasta 262 y 247 ton/ha, en Holanda y Reino Unido, respectivamente, aunque el promedio mundial es de 14.74 ton/ha. Este aumento en la producción se atribuye a la creciente demanda de este producto en todas sus presentaciones; fresco, seco y procesado, tanto para consumo directo como para usos industriales.

México ocupa el segundo lugar en volumen de producción con 1,883,452 ton y rendimientos promedio de 14.426 ton/ha, lo cual es bajo en comparación con los países antes mencionados; el factor determinante de esta divergencia es el bajo nivel de tecnología de producción que se utiliza en la mayoría de las zonas productoras del país (Pozo, 2002). Por otro lado, los datos de la FAO en 2006 (Conaproch, 2008) ubican a

México como el principal exportador de chiles del mundo, con un volumen de 432,960 ton de chile, del tipo no picante principalmente. Sin embargo, las ganancias que se obtienen son menores que las de otros países como Holanda, debido a que los precios de venta dependen del tipo, calidad y época en la que se ponen a disponibilidad del mercado.

En el país las cifras de producción muestran en general una tendencia al alza (Cuadro 2). En el año agrícola 2007 se registró una producción de 1,883,452 ton, siendo los estados de Sinaloa, Chihuahua y Zacatecas los de mayor aportación (Cuadro 3). Los sistemas de producción tecnificada implementados en dichos estados generan altos rendimientos, mientras que en el resto del país, particularmente en zonas con mayor diversidad genética, el área sembrada disminuye paulatinamente y hay enormes pérdidas económicas por los bajos niveles de tecnificación, escaso manejo del cultivo y problemas fitosanitarios, disminuyendo así tal diversidad. La producción registrada tanto a nivel nacional como internacional sólo incluye el fruto verde, pero los volúmenes en seco son casi equivalentes.

Cuadro 2. Avance comparativo anual de siembra y cosecha de chile verde en México, por año agrícola; para riego y temporal (SIAP, 2008).

Año Agrícola	Superficie (ha)			Volumen de Producción (ton)
	Sembrada	Cosechada	Siniestrada	
2001	117,803	100,562	6,362	1,129,012
2002	112,368	98,817	9,752	1,069,032
2003	151,292	137,289	8,381	1,712,403
2004	148,970	137,089	7,668	1,910,219
2005	162,532	136,261	11,513	1,915,123
2006	158,446	144,318	6,085	2,043,013
Noviembre- 2007	147,647	130,563	6,321	1,883,452

Cuadro 3. Avance de siembras y cosechas de los principales estados productores. Resumen nacional para chile verde. Situación al 30 de noviembre de 2007 (SIAP, 2008).

Estado	Superficie (ha)			Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)
	sembrada	siniestrada	cosechada		
Puebla	508	26	483	1,465	3.034
Yucatán	178	6	172	1,668	9.720
Guerrero	259	0	259	2,016	7.783
Oaxaca	1,109	0	1,109	5,182	4.673
Veracruz	3,599	0	3,599	23,578	6.551
Zacatecas	37,205	1,071	36,134	209,331	5.793
Sinaloa	17,333	478	16,856	506,978	30.078

Chihuahua	27,527	746	25,249	539,361	21.362
Total Nacional	147,647	6,321	130,563	1,883,452	promedio 14.426

A pesar de la importancia nacional como condimento básico, con un consumo *per cápita* de 4 ó 5 kilogramos anuales, el chile es un cultivo secundario, que aun con el ligero aumento que presenta en su producción ubica al país lejos del liderazgo en el ámbito internacional. Con las más de 140 mil hectáreas sembradas se obtienen cerca de 12 mil 400 millones de pesos, y se genera de 34 a 60 millones de jornales en el país, lo que significa una derrama de 4 mil 500 millones de pesos; además, activa otros sectores económicos como el servicio de fletes, que genera ingresos por 2 mil millones de pesos anuales (La Jornada, 2007).

Problemática del cultivo en Puebla

A la fecha no se han logrado los niveles de desarrollo que el potencial en recursos genéticos representa. Al respecto, diversos autores han reportado la alta diversidad en las regiones centro-sur y sureste del país, en tres de las cinco especies más importantes del género: *C. annuum*, *C. chinense* y *C. pubescens* (Chávez, 1999; Corona, 2000; Latournerie *et al.*, 2002; Morán, 2003; Trujillo *et al.*, 2004; Torres *et al.*, 2005; López y Montes, 2006).

De manera particular, la riqueza biológica y cultural del estado de Puebla representa un patrimonio valioso para el país. Pertenece al Centro de Diversidad Mesoamericano donde se llevó a cabo la diversificación de *Capsicum* y otros cultivos de importancia socioeconómica regional (Montes, 1978; Palomino, 1991). La tradición del cultivo y consumo de chile denominado “poblano” en la preparación de platillos típicos como “chiles en nogada” y “mole poblano”, exigen sin duda la valoración y preservación del recurso genético nativo (Rodríguez *et al.*, 2007). Sin embargo, se registra una disminución severa de la superficie cultivada y la consecuente baja de la producción en diversos municipios con tradición chilera de más de 300 años y poseedores de germoplasma nativo (Cuadro 4). Las cifras con las que se cuenta de manera oficial, indican una reducción considerable en la superficie sembrada en los municipios Tepanco de López, Tlacotepec de Benito Juárez y Xochitlán Todos Santos, misma que podría ser más marcada si se contaran con datos de hace 20 o 25 años.

Cuadro 4. Avance comparativo anual de cosecha de chile verde en diez municipios del estado de Puebla, México, por año agrícola para riego y temporal (SIAP, 2008).

Municipio	Producción Anual (ton) y Rendimiento (ton/ha)					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
San Martín Texmelucan	304 9.8	304 9.8	307 9.8	304 9.8	304 9.8	304 9.8
San Matías Tlalancaleca	395.5 11.3	-	-	-	-	-
San Salvador El Verde	88 11.0	80 10.0	96 10.0	88 11.0	88 11.0	88 11.0
Santiago Miahuatlán	125 2.5	125 2.5	150 2.5	120 2.0	130 2.0	162 2.5
Tecamachalco	100 1.8	40 1.6	70 1.6	31.5 1.8	25.5 1.8	40 2.0
Tehuacán	975 2.5	950 2.5	937.5 2.5	847 2.2	895 2.2	865 2.3
Tepanco de López	765 2.0	380 2.0	97.5 2.0	120 2.0	60 2.0	100 2.0
Tlacotepec de Benito Juárez	130 2.2	90 2.0	89.25 2.0	99 2.3	70 2.3	90 2.3
Xochitlán Todos Santos	45 1.5	25.5 1.5	24 1.5	5.25 1.8	22 1.8	28 2.0
Yehualtepec	30 1.8	33.25 1.8	30 1.8	28.6 1.3	33 1.3	48 2.2

El rendimiento en los últimos seis años en estos municipios no muestra avances considerables (Cuadros 4 y 5) y se ubica por debajo de municipios como Delicias, Chihuahua, donde se han obtenido rendimientos de alrededor de 22 ton/ha, utilizando principalmente materiales mejorados y consolidándose así como una fuente importante de recursos económicos para su estado, donde las ganancias por el comercio de chile verde ascienden a 1,595 millones de pesos (Guigón *et al.*, 2006).

Cuadro 5. Producción de chile en nueve municipios del estado de Puebla, México en el ciclo Otoño-Invierno, modalidad riego del año agrícola 2006 (SIAP, 2008).

Municipio	Calidad	Superficie Sembrada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Producción (ton)	Valor de Producción (Miles de Pesos)
San Martín Texmelucan	verde	31.0	31.0	304.0	1,331.00
San Salvador El Verde	verde	8.0	8.0	88.0	440.00
Santiago Miahuatlán	seco ancho	65.0	65.0	162.5	6,500.00
Tecamachalco	seco ancho	20.0	20.0	40.0	560.00
Tehuacán	seco ancho	375.0	375.0	126.0	378.00
Tepanco de López	seco ancho	50.0	50.0	100.0	1,880.00
Tlacotepec de Benito Juárez	seco ancho	40.0	40.0	90.0	1,620.00
Xochitlán	seco ancho	14.0	14.0	28.0	476.00
Todos Santos	seco ancho	22.0	22.0	48.4	1,346.40
Yehualtepec	seco ancho				

Alrededor de los años 1970 y 1980 hubo una alta producción desde Tecamachalco a Tehuacán, incluso estaba en funcionamiento una planta secadora de chile en Tepanco de López, como hacen referencia los agricultores de las comunidades de la zona. A la fecha ellos mismos señalan que la incidencia de enfermedades del suelo y la baja disponibilidad de agua han influido en su decisión de dejar el cultivo y que éste se haya desplazado a otras regiones. La información estadística permite apreciar el estado del cultivo en términos económicos; sin embargo, la problemática en cuanto a la pérdida de riqueza genética es difícil de estimar, considerando que no se cuenta con el registro, inventario de nombres o colección *ex situ* que permitan estimar la naturaleza genética del cultivo en esos municipios y por tanto el grado de erosión que ha sufrido a causa de los factores mencionados.

Tal como se ha señalado en párrafos anteriores, los problemas fitosanitarios están causando pérdidas entre el 40 y 70 % de la producción (Velásquez *et al.*, 2001); en San Martín Texmelucan se han registrado niveles de hasta 90 % (González *et al.*, 2004). Las enfermedades causadas por virus y hongos han presentado una rápida diseminación hacia la mayor parte de las zonas productoras. Entre los virus de mayor importancia

destacan el virus mosaico del pepino (Cucumber mosaic *cucumovirus*, CMV), virus moteado de Chile (ChiVMV), virus Y de la papa (PVY), virus del enanismo arbustivo del tomate (VEAT) y el complejo de virus del tabaco (Virus jaspeado del tabaco, VJT; Virus mosaico del tabaco, VMT; Virus cascabeleo del tabaco, VCT). En cuanto a los hongos y oomicetos fitopatógenos sobresalen los que causan la “secadera” del Chile y que se agrupan en un complejo donde pueden estar presentes *Phytophthora* spp., *Fusarium* spp., *Phytium* spp. y *Rhizoctonia solani* (Velásquez *et al.*, 2001; González *et al.*, 2002; González *et al.*, 2004).

Sin embargo, la infección ocasionada por *P. capsici* es particularmente importante, ya que la planta atacada se vuelve vulnerable para ser invadida por *Alternaria* spp., *Colletotricum* spp. y *Verticillium* spp. Las fuentes de inóculo se encuentran en el suelo o en las semillas; sus propágulos son capaces de diseminarse en corrientes de agua y la infección es promovida por temperaturas de 25 a 28 °C y alta humedad (Laborde y Pozo, 1984). Los síntomas de la enfermedad incluyen una mancha negrusca en la base del tallo, interrupción del crecimiento de la raíz y del paso de la sabia a la parte aérea, la cual se torna amarillenta, con clorosis en las hojas apicales, muestra rápida defoliación, caída de flores y frutos hasta que la planta muere (Galindo, 1962).

La presencia, diversidad genética y epidemiología de la enfermedad en todas las regiones productoras del país requiere de intensa investigación encaminada al diseño de estrategias de control genético y biológico, principalmente, ya que el control químico y cultural no ha podido aminorar los daños y además produce daños de tipo ecológico por el uso de fungicidas y la degradación del suelo que éstos provocan (Rincón y Velásquez, 1999). Diversos autores consideran que la resistencia genética es una alternativa sustentable para enfrentar el problema fitosanitario (Avelar y Montiel, 1992; Ogundiwin *et al.*, 2005) y aunado a ello señalan que las poblaciones de tipo criollo representan un reservorio de genes de resistencia a diversas enfermedades que debe ser identificado y explorado (González *et al.*, 2002).

Bajo estas circunstancias y reconociendo que México es centro de origen y diversidad de *C. annuum* L., y que en él se distribuyen numerosas formas silvestres y cultivadas (Loaiza *et al.*, 1989; Pickersgill, 1997; Hernández *et al.*, 1999) es posible que la diversidad de tipos de Chile mantenidos en parcelas de cultivo tradicional por muchas

generaciones, incluso desde antes de la conquista, sean fuente potencial de germoplasma para el presente y futuro del cultivo en el país. Para ello se ha acordado, desde instituciones de nivel internacional hasta grupos de trabajo regionales, que la descripción y clasificación de la diversidad de chile en México en términos de su adaptabilidad a nichos y usos específicos en los sistemas agrícolas, son el punto de partida para asegurar su conservación y manejo sustentable.

El grado de variabilidad alcanzado en el chile es tal que en cada nicho ecológico o microrregión donde se cultiva es posible encontrar un conjunto de variedades, desarrolladas por los productores para responder a los usos tradicionales y que han seleccionado bajo los siguientes criterios: alimenticios, como el sabor y picor; culturales, enfocados a sus preferencias de tamaño y color del chile que se utiliza para cada platillo; de mercado, conforme al precio y temporadas de oferta y demanda; y aquellos de tipo agronómico como el rendimiento y sanidad del cultivo. En las regiones centro-sur y sureste del país, donde se ubica el estado de Puebla, predominan los agricultores con explotaciones agrícolas de sustento familiar, aunque una buena parte de su producción la pueden destinar al mercado local, comercializando el fruto en verde o almacenándolo en estado maduro y seco para su venta en mercados regionales. A pesar de ello, un número considerable de variedades están en proceso de desaparecer por los problemas antes mencionados y por su baja demanda en las comunidades donde se cultiva o en comunidades cercanas.

Bajo esta perspectiva, en el año 2004 y con el apoyo del “Sistema Nacional de los Recursos Filogenéticos para la Alimentación y la Agricultura” (SINAREFI), se inició el estudio de la diversidad de los chiles de los estados de Morelos, Puebla, Hidalgo y México (Aguilar *et al.*, 2006). Esta investigación en particular busca aportar información relevante sobre la diversidad del chile en diversos municipios del estado de Puebla.

LITERATURA CITADA

- Aguilar R., V. H., T. Corona T., y S. H. Morán B. 2006. Chiles nativos (*Capsicum* spp., Solanaceae) de los estados de Puebla y Morelos. *In*: Avances de investigación de la red de hortalizas del SINAREFI. López L., P., y S. Montes H. (eds). Libro Científico Núm. 1. Campo Experimental Bajío INIFAP. Celaya, Guanajuato, México. pp: 28-58.
- Avelar M., J. J., y D. Montiel R. 1992. Control de la marchitez de chile ocasionada por el hongo *Phytophthora capsici* Leo. en el municipio de Zacatecas. *In*: Memoria del XIX Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Saltillo, Coahuila, México. Resumen. pp: 42.
- Ben-Chaim, A., Y. Borovsky, M. Falise, M. Mazourek, B. C. Kang, I. Paran, and M. Jahn. 2006. QTL Analysis for capsaicinoid content in *Capsicum*. Theoretical and Applied Genetics 113: 1481-1490.
- Bravo, H. 1934. Estudio botánico acerca de las *Solanaceas* mexicanas del género *Capsicum*. Anales del Instituto de Biología UNAM 5: 303-321.
- Chávez S., J. L. 1999. Diversidad morfológica e isoenzimática del chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.) en México. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 138 p.
- Coe, F. G., and G. L. Anderson. 1996. Ethnobotany of the Garífuna of Eastern Nicaragua. Economic Botany 50 : 71-107.
- Conaproch. 2008. [En línea]. Situación Internacional del chile. Dirección URL: http://www.conaproch.org/ch_situacion_mundial.htm. [Consulta: Enero 2008].
- Conaproch. 2008. [En línea]. Chile ancho. Dirección URL: http://www.conaproch.org/ch_chiles_diccionario_chileancho.htm. [Consulta: Febrero 2008].
- Corona T., T. 2000. Diversidad morfológica, isoenzimática y de contenido de ADN nuclear en chile (*Capsicum annum* L. y *C. chinense* Jacq.) de México. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 127 p.
- Cruz P., A. B., V. A. González H., M. A. Gutiérrez E., A. A. Gardea B., y M. Pérez G. 2007. Capsaicinoides, vitamina C y heterosis durante el desarrollo del fruto de chile manzano. Agrociencia 41: 627-635.
- De, A. K. 2003. *Capsicum*. The genus *Capsicum*. Taylor and Francis. London. 256 p.

- Djamgoz, M. B. A., and B. Isbilen. 2006. Dietary compounds as anti-cancer agents: a preliminary evaluation of ion channels and membrane excitability as possible target mechanisms. *Turkish Journal of Biochemistry* 31: 57–68.
- Eshbaug, W. H. 1970. A biosystematic and evolutionary study of *Capsicum baccatum* (Solanaceae). *Brittonia* 22: 31-43.
- Eshbaugh, W. H. 1980. The taxonomy of the genus *Capsicum* (Solanaceae). *Phytologia* 47:153-166.
- Fernández R, S. 2007. [En línea] Monografía del chile. Dirección URL: <http://www.sdr.gob.mx/beta1/contenidos/CadenasAgropecuarias/docs/435148.235.138.1330-07-2007monografia%20chile.pdf>. [Consulta: Febrero 2008].
- Galindo A., J. 1962. Marchitez de las plantas de chile causada por *Phytophthora capsici* Leonian. *Revista Mexicana de Fitopatología* 1:15-17.
- Guigón L., C., B. C. Macías L., G. Ávila Q., M. Luján F., F. J. Quiñonez P., N. Chávez S., M. Berzoza M., y G. F. Acosta R. 2006. Validación y transferencia del uso de *Trichoderma* sp. en el cultivo de chile en la región de Delicias, Chih. *In: Memoria de la Tercera Convención Mundial del Chile*. 9 – 11 de julio. Chihuahua y Delicias, Chih., México. pp: 173-178.
- González C., M. M., I. Torres P., y H. Guzmán M. 2002. Patógenos involucrados en la marchitez del chile. *In: Proceedings of the 16th International Pepper Conference*. November 10-12. Tampico, Tamaulipas. México.
- González P., E., M. J. Yáñez M., V. Santiago S., y A. Montero P. 2004. Biodiversidad fungosa en la marchitez del chile y algunos factores involucrados, en Tlacotepec de José Manzo, El Verde, Puebla. *Agrociencia* 38:653-661.
- Heiser, Jr., C. B. 1995. Peppers. *Capsicum (Solanaceae)*. *In: Evolution of crop plants*. Smartt, J. and N. W. Simmonds (eds). Second ed. Longman, London, U. K. J. Wiley and Sons. N.Y. pp: 449-451.
- Hernández V., S., A. P. Dávila, y K. Oyama. 1999. Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 64: 65-84.
- Ibarra M., G., M. Ricker, G. Angeles, S. Sinaca C., and M. A. Sinaca C. 1997. Useful plants of the Los Tuxtlas Rain Forest (Veracruz, México): Considerations of their market potential. *Economic Botany* 51: 362-376.
- Ishikawa, K. 2003. Biosynthesis of capsaicinoids in *Capsicum*. *In: Capsicum. The genus Capsicum*. De, A. K. (ed). Taylor and Francis. London. pp: 87-95.

- La Jornada. 2007. Movimiento en defensa de los chiles. Junio 7. [En línea]. <http://www.jornada.unam.mx/2007/06/07/index.php?section=gastronomia&article=a08n2gas>.
- Laborde C., J. A., y O. Pozo C. 1984. Presente y pasado del chile en México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigación Agrícola (SARH-INIA). Publicación Especial No. 85. México. 80 p.
- Latournerie M., L., J. L. Chávez S., M. Pérez P., G. Castañón N., S. A. Rodríguez H., L. M. Arias R., y P. Ramírez V. 2002. Valoración *in situ* de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annuum* L. y *Capsicum chinense* Jacq.) en Yaxcabá, Yucatán. Revista Fitotecnia Mexicana 25: 25-33.
- Lee, S. K., and Kader, A. A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biology and Technology 20: 207–220.
- Loaiza F., F., K. Ritland, J. A. Laborde C., and S. D. Tanksley. 1989. Patterns of genetic variation of the genus *Capsicum* (Solanaceae) in Mexico. Plant Systematics and Evolution 165: 159-188.
- López L., P., y S. Montes H. (eds). 2006. Avances de investigación de la red de hortalizas del SINAREFI. Libro Científico Núm. 1. Campo Experimental Bajío INIFAP. Celaya, Guanajuato, México. 466 p.
- McLeod, M. J., H. W. Eshbaugh, and S. I. Guttman. 1979. A preliminary biochemical systematic study of the genus *Capsicum*-Solanaceae. *In*: The Biology and Taxonomy of the Solanaceae. Hawkes, J. G., R. N. Lester, and A. D. Skelding (eds). Academic Press, New York. pp: 701-714.
- Montes M., J. 1978. Estrategia para la conservación de los Recursos Genéticos. *In*: Recursos Genéticos Disponibles a México. Cervantes S., T. (ed). Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. Chapingo, México. pp: 29-35.
- Montoya T., G. 1992. Sistema de producción de chile serrano (*Capsicum annuum* L.) en el municipio de Ramos Arizpe, Coahuila. Memoria de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 55 p.
- Morán B., S. H. 2003. Diversidad morfológica e isoenzimática en poblaciones de chile (*Capsicum annuum* L.) en Yucatán, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México. 130 p.
- Mori, A., S. Lehmann, J. O'Kelly, T. Kumagai, J. C. Desmond, M. Pervan, W. H. McBride, M. Kizaki, and H. P. Koeffler. 2006. Capsaicin, a component of red

- peppers, inhibits the growth of androgen-independent, p53 mutant prostate cancer cells. *Cancer Research* 66: 3222-3229.
- Muñoz, F., y B. Pinto C. 1966. Taxonomía y distribución geográfica de los chiles cultivados en México. Folleto Misceláneo No. 15. INIA-SAG. pp: 6-23.
- Ogundiwin, E. A., T. F. Berke, M. Massoudi, L. L. Black, G. Huestis, D. Choi, S. Lee, and J. P. Prince. 2005. Construction of 2 intraspecific linkage maps and identification of resistance QTL's for *Phytophthora capsici* root-rot and foliar blight diseases of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Genome* 48:698-711.
- Palomino H., G. 1991. La importancia del enfoque interdisciplinario en el conocimiento de los recursos vegetales de México. *In: Avances en el Estudio de los Recursos Fitogenéticos de México*. Ortega P., R., G. Palomino H., F. Castillo G., V. A. González H. y M. Livera M. (eds). Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. Chapingo, México. pp: 63-82.
- Perry, L., and K. V. Flannery. 2007. Precolumbian use of chili peppers in the Valley of Oaxaca, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 11905-11909.
- Pickersgill, B. 1997. Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. *Euphytica* 96:129-133.
- Pozo C., O. 2002. Current status of pepper production and research in México. *In: Proceedings of the 16th International Pepper Conference*. November 10-12. Tampico, Tamaulipas. México. pp: 8-9.
- Pruthi, J. S. 2003. Chemistry and quality control of *Capsicums* and *Capsicum* products. *In: Capsicum. The genus Capsicum*. De, A. K. (ed). Taylor and Francis. London. pp: 25-70.
- Ravishankar, G. A., B. Suresh, P. Giridhar, S. Ramachandra, and J. T. Sudhakar. 2003. Biotechnological studies on *Capsicum* for metabolite production and plant improvement. *In: Capsicum. The genus Capsicum*. De, A. K. (ed). Taylor and Francis. London. pp: 96-128.
- Rodríguez, J., B. V. Peña O., A. Gil M., B. Martínez C., F. Manzo, y L. Salazar L. 2007. Rescate *in situ* del chile 'Poblano' en Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30:25-32.
- Rincón V., J. F., y R. Velásquez V. 1999. Reacción de genotipos de chile (*Capsicum annuum* L.) a pudriciones radicales en Zacatecas. *Horticultura Mexicana* 7:130.

- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2008. [En línea]. Avance de Siembras y Cosechas. Dirección URL: <http://www.siap.gob.mx/> [Consulta: Enero de 2008].
- Simon, J. E., A. F. Chadwick, and L. E. Craker. 1984. Herbs: An Indexed Bibliography. 1971-1980. The Scientific Literature on Selected Herbs, and Aromatic and Medicinal Plants of the Temperate Zone. Archon Books, Hamden, CT. 770 p.
- Torres M., H. L., H. Vibrans L., S. Montes H., y T. Corona T. 2005. Etnobotánica del chile piquín (*Capsicum annuum* var. *aviculare*) en la Sierra Gorda de Querétaro. *In*: Memoria de la Segunda Convención Mundial del Chile. 14-16 de agosto. Zacatecas, Zac., México. pp: 287-289.
- Trujillo A., J. J. G., O. Gutiérrez A., y C. R. Pérez L. 2004. Características morfológicas de flor y fruto de nueve genotipos de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) colectados en Yucatán, México. *In*: Memoria de la Primera Convención Mundial del Chile. 27-29 de junio. León, Gto., México. pp: 287-289.
- Vázquez F., F., M. L. Miranda H., M. Monforte G., G. Gutiérrez C., C. Velázquez G., y Y. Nieto P. 2007. La biosíntesis de capsaicinoides, el principio picante del chile. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30:353-360.
- Velásquez V., R. M., M. M. Medina A., y J. J. Luna R. 2001. Sintomatología y géneros de patógenos asociados con las pudriciones de la raíz del chile (*Capsicum annuum* L.) en el Norte-Centro de México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19:175-181.

DISCUSIÓN GENERAL

En la Declaración de Países Megadiversos Afines sobre conservación y uso sustentable de la biodiversidad, firmada en Cancún, México, en el año 2002, se establece la necesidad de conservar *in situ*, sistematizar y revalorar el conocimiento campesino acumulado de generación en generación y promover el desarrollo de un régimen *sui generis* de protección de los conocimientos tradicionales asociados con la diversidad biológica, basado en instrumentos y mecanismos de diferente naturaleza, y que éste sea debidamente tomado en cuenta en la evaluación de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual (Correa, 2000; Aldama, 2004; Ituarte, 2004). Al respecto, la mayoría de las variantes o cultivos nativos que constituyen la diversidad del chile en el país carecen de un estudio a profundidad que permita tener un inventario con el cual se diseñen estrategias de conservación y aprovechamiento, así como registros que los protejan y evite que sean patentados por instituciones o empresas privadas extranjeras, tal como se hace con los materiales mejorados tradicionalmente o por modificación genética.

El conocimiento sobre la diversidad del género *Capsicum* en México se ha acumulado paulatinamente a partir de los trabajos de exploración reportados por Bravo (1934), Muñoz y Pinto (1966), MacNeish (1967), Laborde y Pozo (1984), Pickersgill (1984) y Long (1986), así como la clasificación y distribución que presentan Pozo *et al.* (1991), González y Bosland (1991) y Hernández *et al.* (1999). Sin embargo, es necesario complementar de manera sistemática la información sobre su descripción morfológica, biogeográfica, etnobotánica y genética debido a la abundante variación que el género presenta en sus formas silvestre, semidomesticada y domesticada en cada nicho ecológico y cultural.

El Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI) reportó en 2007 que se conducen varios proyectos de investigación en chile y es una de las especies más atendidas en cuanto a la colecta de semilla, pero el estudio de los aspectos nutricionales, biomédicos, bioquímicos e industriales es escasa o mínima. La información obtenida hasta la fecha indica que en el país se cultivan diversos tipos de chile de

las especies *C. annuum*, *C. chinense* y *C. pubescens*; siendo de mayor importancia económica entre las formas cultivadas: jalapeño, ancho, pasilla, guajillo, de árbol y serrano (*C. annuum*), habanero (*C. chinense*) y manzano (*C. pubescens*); aunque las formas nativas o criollas que se encuentran en las comunidades cultivadas bajo sistemas agrícolas tradicionales, tienen gran importancia por su valor como recurso genético. Este tipo de materiales se pueden encontrar en todo el territorio nacional pero la región de mayor diversidad se encuentra en la parte centro-sur-sureste, donde en años recientes se han reportado diversos tipos de chile, con abundante variabilidad e importancia económica y cultural para las comunidades que los cultivan.

Los estudios se han enfocado básicamente hacia la descripción morfológica de fruto y planta de los chiles criollos presentes en los estados de Sonora, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Jalisco, Veracruz, Puebla, Estado de México, Morelos, Oaxaca, Querétaro, Michoacán, Tabasco, Yucatán y Chiapas; en algunos de ellos también se ha analizado la diversidad con métodos moleculares (Chávez, 1999; Corona, 2000; Latournerie *et al.*, 2002; Morán, 2003; Trujillo *et al.*, 2004; Torres *et al.*, 2005; López y Castro, 2006; Montes *et al.*, 2006; Luna *et al.*, 2007). Entre las colecciones que existen, de manera geográficamente, se reportan los chiles denominados: piquín, piquín huasteco, ozumalero, paya o chilpaya, pico de paloma, ozumalero bolita, mirador, rayado, poblano, miahuateco, loco, copi, manzano, serranito, amarillo, colorado, negro, criollos de Morelos, del monte, timpinchile, costeño, soledad, huacle o chilhuacle negro, huacle amarillo, huacle rojo, coxle o chilcoxle, tabaquero, tusta, solterito, escuchito, paradito, nanche, bolita, chigolito, mirasol, taviche, chiltepe, de agua, guiñaa shulaadii, guiñaa shirundoo, güero, de la Mixteca, achilito, canario, ya'x ik, xcat ik, dulce, chowak, sukurre, ma'x ik, dulce y bobo, entre otros.

No obstante que se ha logrado la descripción de un gran número de chiles de importancia local o regional, los estudios han tenido poca continuidad y coordinación; por lo que no se ha consolidado un banco de germoplasma del género, ni se ha generado un documento que integre la información biogeográfica obtenida. En años recientes se ha reflexionado sobre la orientación que deben tener este tipo de esfuerzos científico-técnicos en torno a los recursos genéticos; Díaz (2005) hace un señalamiento interesante sobre el posible “efecto operativo

paralizante” cuando la estrategia sugiere que: “en el caso particular de las nativas, se requieren primariamente estudios básicos (taxonómicos, genéticos, reproductivos, etc.) antes de iniciar programas de mejoramiento”; según su apreciación estos estudios “los realizan investigadores sin relación alguna con los sistemas productivos y terminan convirtiéndose en un fin en sí mismos o abandonándose por falta de continuidad de los proyectos”, por lo que, señala, que debe generarse una “articulación dinámica entre el diseño de sistemas productivos y la investigación básica, de modo que ambos procesos crezcan en forma simultánea y donde el primero interroga y demande al segundo”, lo cual tendría un mayor impacto en el desarrollo agrícola.

Bajo este contexto, la riqueza genética del cultivo en el estado de Puebla se encuentra escasamente estudiada y representada en los bancos de germoplasma. Tampoco se ha establecido una estrategia de conservación y mejoramiento de los chiles criollos Miahuateco, Poblano, Loco, Copi y criollos de Tecamatlán que se cultivan de manera tradicional en la parte sur del estado. Incluso, a pesar de que estos materiales son parte de la identidad cultural de las comunidades, están desapareciendo dramáticamente debido a que las enfermedades del suelo promueven su reemplazo por variedades mejoradas tolerantes a algunos patógenos y las condiciones de carestía hacen que se reduzca o abandone el área cultivada con ellos.

En atención a estos problemas se planteó estudiar el estado de la diversidad biológica mediante la colecta de 43 poblaciones de chile criollo de 11 municipios. El germoplasma utilizado se obtuvo directamente de las parcelas de los agricultores tradicionales y se integró a la colección de la Red de Hortalizas y Especies Afines del SINAREFI, y a la del Colegio de Postgraduados, contribuyendo así a su conservación *ex situ*. Los resultados obtenidos aportan información morfológica, fitoquímica y fitopatológica de una fracción de la diversidad biológica de *C. annuum* que subsiste en sistemas agrícolas tradicionales en el sur del estado de Puebla.

En el aspecto morfológico, los resultados obtenidos permiten señalar que hay poblaciones con las características distintivas del tipo Miahuateco, Copi y Poblano, tal como hacen referencia de ellos los agricultores locales de mayor edad. Cabe señalar que en algunas

poblaciones su identidad fue incierta, como en el caso del chile Miahuateco proveniente de la región de Tehuacán. Este hecho puede atribuirse a que las prácticas agrícolas en el presente o en la historia reciente del cultivo en la región, han promovido el flujo de germoplasma entre los agricultores de comunidades aledañas e incluso distantes. Respecto al chile tipo Copi con mayor ancho de fruto, los productores señalan que se origina de la mezcla del Copi tipo angosto y largo con el Miahuateco, ya que se cultivan en la misma parcela y por tanto se promueve el intercambio genético entre estos tipos.

Igualmente, se describe la diversidad de chiles en el municipio de Tecamatlán, donde el germoplasma se ha mantenido aislado de otros tipos de chile. Se compone de tres variantes, que por el color del fruto maduro se denominan: Amarillo, Colorado y Negro; sus formas vegetativas y de fruto son similares y los productores señalan que cada uno de ellos ocupa un lugar dentro de sus preferencias alimenticias autóctonas, reforzando por tanto su identidad como chile nativo.

En cuanto al análisis fitoquímico, esta investigación permitió establecer niveles de picor en los chiles criollos Miahuateco, Mulato, Copi y de Tecamatlán con base en su contenido de capsaicina y dihidrocapsaicina, lo cual no se había realizado anteriormente, ya que en la literatura disponible se hace referencia al contenido de los mismos en variedades cultivadas de la especie *C. annuum*. El registro de caracteres vegetativos, florales, de fruto y de la cuantificación del picor de sus frutos en estado maduro y seco, permitió clasificar la variación en los tipos: Miahuateco picante, Miahuateco de picor moderado, Poblano de picor moderado, Copi muy picante, Copi picante y los criollos de Tecamatlán fueron de picor moderado. La información obtenida sirve de base para la obtención de variedades para mercados con preferencias específicas y resulta de gran importancia considerando el reciente interés que se tiene en los chiles en el ámbito internacional, por su capacidad de producir los compuestos capsaicinoides que son materia prima para diversos productos farmacéuticos como analgésicos, anti-inflamatorios, antioxidantes e incluso anticancerígenos.

Por otro lado, como se mencionó en el capítulo correspondiente, la presencia de los patógenos del suelo causantes de la enfermedad conocida como marchitez o secadera, ha

provocado que, en un periodo entre 20 y 25 años, la producción agrícola tradicional haya disminuido en las regiones chileras del centro-sur y se haya desplazado a la parte norte del país donde hay posibilidades de invertir tanto en la fertilización como en los pesticidas necesarios para sobrellevar la enfermedad, incluso utilizar materiales mejorados con tolerancia o resistencia a diversos patógenos y así cubrir la demanda de Chile tanto a nivel nacional como para exportación.

En cambio, los agricultores del sur de Puebla, así como en la mayor parte del país, manifiestan la necesidad de apoyo en este rubro para el rescate de su recurso genético. La información obtenida por este estudio respecto a la posible resistencia genética de los materiales que ellos mismos poseen debe profundizarse. La respuesta de defensa ante *Phytophthora capsici*, que mostraron las poblaciones CP645 y CP646 de tipo Miahuateco, provenientes de Tlacotepec y los criollos de Tecamatlán, muestran que existen posibilidades para detectar materiales con resistencia y que ésta podría utilizarse para aumentar sus rendimientos. Es indispensable corroborar la respuesta con aislamientos presentes en cada localidad y utilizar tanto el método aquí reportado como otros más precisos o convenientes. Asimismo, debe ampliarse de manera exhaustiva la evaluación de un mayor número de poblaciones, con resistencia a éste y otros tipos de fitopatógenos, en el germoplasma de Chile Poblano que poseen los agricultores del Valle de San Martín Texmelucan, en particular en el municipio de San Matías Tlalancalca, donde se sospecha que se produce el auténtico Chile Poblano (Chacón *et al.*, 2007) y donde es necesario contar con variedades de mayor productividad y mejor calidad que sean menos dependientes de insumos contaminantes, principalmente pesticidas y así reducir los costos de producción para hacer más rentable el cultivo y que esto se refleje en el bienestar de sus familias y de la comunidad.

En el caso de los agricultores tradicionales, se ha reconocido que estos tienen derecho a sembrar, conservar, proteger, intercambiar y vender sus semillas, así como de acceder libremente a sus recursos genéticos (La Jornada, 2007). Siguiendo esa perspectiva, en diversos foros a nivel nacional e internacional se ha planteado que con la información acumulada respecto a los materiales criollos deben hallarse mejores posibilidades de comercialización e integrarlos en áreas de competitividad en un proceso autogestivo de conservación *in situ*,

donde los productores estén implicados en la organización, capacitación y transferencia de tecnología en la cadena de comercialización del chile, con participación directa de investigadores para “conservar produciendo” (Chávez *et al.*, 2004; Huerta *et al.*, 2006; Rodríguez *et al.*, 2007).

De esta forma, los productos “únicos” que pueden obtenerse de manera tradicional a partir de los chiles criollos (mole, salsas, platillos típicos, etc.) son promisorios debido a que permitirían capitalizar el recurso en productos de alto valor de exportación, apoyados en documentos como el certificado de legal procedencia, patente, denominación de origen o marca colectiva (Ruíz, 2005; Excelsior, 2007; Hermann, 2007). Otra posibilidad para materiales que presentan plantas de baja altura y vistoso follaje es su uso ornamental en maceta, y dada la diversidad de coloraciones de los frutos, éstos pueden utilizarse como base para productos artesanales o arreglos florales (Chaves *et al.*, 2007).

Con la colecta de 43 poblaciones de chile criollo *C. annuum* se logró ampliar el número de representantes de la especie en el banco de germoplasma del Colegio de Postgraduados, permitiendo así que los trabajos subsiguientes cuenten con un mayor espectro de variación biológica. Ejemplo de ello es el estudio del número y la morfología de los cromosomas de chiles de los estados de Puebla, Querétaro y Morelos (De Teodoro *et al.*, 2007), donde observaron que el número cromosómico corresponde al reportado para la especie de $2n=2x=24$ y que existe polimorfismo para la longitud total promedio del genoma, sobresaliendo las poblaciones de chile Miahuateco de Tepanco CP632, por tener la mayor longitud total (84 μm) y CP636 por presentar un arreglo en su cariotipo diferente del resto: 2 metacéntricos + 9 submetacéntricos con satélites en alguno de sus pares de cromosomas en condición homocigótica + 1 subtelocéntrico.

En suma, el presente trabajo hace referencia a la importancia biológica y cultural del germoplasma de chile presente en parcelas agrícolas del sur del estado de Puebla y pone a disposición información que sirve de base para promover estrategias conservación y uso del recurso genético, así como la necesidad de integrar nuevas poblaciones de los tipos Miahuateco, Poblano, Copi y de Tecamatlán. Tales acciones deberán ser inmediatas si se toma

en cuenta el riesgo de desaparición de los tipos Miahuateco y criollos de Tecamatlán por la disminución del área dedicada a su cultivo y el hecho de que la mayor parte de la diversidad y conocimiento empírico al respecto está en manos de agricultores de edad avanzada. Incluso, la apropiación de este patrimonio por parte de la generación de reemplazo, constituida por los agricultores jóvenes es incierta y en algunos casos imposible ya que las condiciones socioeconómicas de las últimas décadas los han orillado a la migración y abandono de la actividad agrícola.

Considerando que bajo el Convenio de Diversidad Biológica de 1992, cada estado tiene el derecho soberano sobre sus propios recursos naturales (Organización de las Naciones Unidas, 1993) se deben fortalecer las acciones del SINAREFI y demás instancias competentes a nivel nacional que garanticen la protección del germoplasma nativo y la valoración de los productos mexicanos en el ámbito global bajo políticas y legislaciones a largo plazo (Ferreira *et al.* 2005; López, 2007).

A la fecha, está en marcha el Acuerdo de Transferencia de Materiales gestionado por el Órgano Rector del Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, firmado en 2004; inició sus funciones en enero de 2007 bajo el precepto de promover un intercambio justo y equitativo de recursos fitogenéticos, financiar la conservación de los recursos fitogenéticos y ayudar a los agricultores conservacionistas en los países en desarrollo (López, 2007; Ramírez y López, 2007); sin embargo, México no entra en esta categoría porque es integrante de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), por lo que no ha ratificado dicho acuerdo; así que las acciones específicas para la conservación y aprovechamiento sustentable dependerá del PAN (Plan de Acción Nacional) proyectado por el SINAREFI (SINAREFI, 2007) y de la participación de profesionales en la respectiva discusión académica, económica, legal, cultural y política.

LITERATURA CITADA

Aldama, A. 2004. Derechos de propiedad intelectual en torno al aprovechamiento biotecnológico de recursos biológicos y conocimiento tradicional. Una introducción.

- In*: Memoria del Segundo Encuentro Internacional de Derecho Ambiental. 6 – 10 de octubre. México, D. F., México. SEMARNAT. pp: 15-24.
- Bravo, H. 1934. Estudio botánico acerca de las Solanáceas mexicanas del género *Capsicum*. Anales del Instituto de Biología UNAM 5: 303-321.
- Chacón A., A. L., A. Huerta de la P., J. F. López O. e I. Ocampo F. 2007. El uso de *Chrysoperla carnea* (Stephens), como estrategia de control biológico de insectos plaga del chile poblano (*Capsicum annuum* Lin.), en San Matías Tlalancaleca, Puebla, México. *In*: Memoria de la Cuarta Convención Mundial del Chile. 15 - 17 de julio. Querétaro, Qro., México. pp: 150-151.
- Chaves L. M., M. C., T. Nair P., C. Pombo S., L. Gonçalves S. 2007. Caracterização morfoagronômica dos recursos genéticos de *Capsicum* com potencial ornamental, no Brasil. *In*: Memoria del VI Simposio de Recursos Genéticos para América Latina y el Caribe. 12 – 16 de noviembre. México, D. F., México. pp. 83.
- Chávez S., J. L. 1999. Diversidad morfológica e isoenzimática del chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.) en México. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 138 p.
- Chávez S., J. L., J. Tuxill, y D. I. Jarvis (eds.). 2004. Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia. 255 p.
- Corona T., T. 2000. Diversidad morfológica, isoenzimática y de contenido de ADN nuclear en chile (*Capsicum annuum* L. y *C. chinense* Jacq.) de México. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 127 p.
- Correa, C. M. 2000. *In situ* conservation and intellectual property rights. *In*: Genes in the Field. On-farm Conservation of Crop Diversity. Brush, S. B. (ed). CRC Press LLC. U.S.A. pp: 239-260.
- De Teodoro P. C., A. García V., y T. Corona T. 2007. Polimorfismo cromosómico en *Capsicum annuum* L. (Solanaceae) en recolectas de Puebla, Morelos y Querétaro, México. Agrobiencia 41:873-881.
- Díaz M, A. 2005. América Latina y su riqueza fitogenética. Conservación, domesticación y sistemas productivos: un desafío técnico-político. *In*: Memoria del V Simposio de Recursos Genéticos para América Latina y el Caribe. 23 – 25 de noviembre. Montevideo, Uruguay. pp: 19-28.

- Excélsior. 2007. ¿Quién se pirateó mi semilla? Noviembre 16. pp: 8:Dinero.
- Ferreira, M.A.J., Wetzel, M.V.S., Valois, A.C.C., y Macedo, J. 2005. El estado del arte de los recursos fitogenéticos en las Américas. *In*: Memoria del V Simposio de Recursos Genéticos para América Latina y el Caribe. 23 – 25 de noviembre. Montevideo, Uruguay. pp: 85-92.
- González M., M. y W. P. Bosland. 1991. Germoplasma de *Capsicum* en las Américas. *Diversity* 7: 57-59.
- Hermann, M. 2007. Agrobiodiversidad y productos de alto valor: oportunidades de mercado para la conservación de recursos genéticos. *In*: Memoria del VI Simposio de Recursos Genéticos para América Latina y el Caribe. 12 – 16 de noviembre. México, D. F., México. pp: 213-214.
- Hernández V., S., A. P. Dávila, y K. Oyama. 1999. Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 64: 65-84.
- Huerta de la P., A., Ocampo, F. I., Fernández, R. S., Peña, O. B. y Productores de Chile poblano de San Matías Tlalancaleca y Juárez Coronaco, Puebla. 2006. Organización, Capacitación e Investigación Participativa con Productores de Chile Poblano (*Capsicum annuum* L.) en San Matías Tlalancaleca, Puebla. *In*: Memoria de la Tercera Convención Mundial del Chile. 9 – 11 de julio. Chihuahua y Delicias, Chih., México pp: 396-397.
- Ituarte L, C. 2004. Conocimientos tradicionales de la biodiversidad y derechos de los pueblos indígenas. *In*: Memoria del Segundo Encuentro Internacional de Derecho Ambiental. 6 – 10 de octubre. México, D. F., México. pp: 351-371.
- La Jornada. 2007. Preciso, que indios aporten conocimientos sobre genética. Noviembre 5. [En línea]. <http://www.jornada.unam.mx/2007/11/05/index.php?section=politica&article=012n1pol>
- Laborde C., J. A., y O. Pozo C. 1984. Presente y pasado del chile en México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Publicación Especial No. 85. Instituto Nacional de Investigación Agrícola (SARH-INIA), México. 80 p.
- Latournerie M., L., J. L. Chávez S., M. Pérez P., G. Castañón N., S. A. Rodríguez H., L. M. Arias R. y P. Ramírez V. 2002. Valoración *in situ* de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annuum* L. y *Capsicum chinense* Jacq.) en Yaxcabá, Yucatán. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25: 25-33.

- Long, S. J. 1986. *Capsicum* y cultura. La historia del chilli. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 181 p.
- López N., I. 2007. Introducción a la legislación internacional sobre recursos genéticos. *In*: Memoria del VI Simposio de Recursos Genéticos para América Latina y el Caribe. 12-16 de noviembre. México, D. F., México. pp: 208-210.
- López L., P. y F. H. Castro G. 2006. La diversidad de los chiles (*Capsicum* spp., Solanaceae) de Oaxaca. *In*: Avances de investigación de la red de hortalizas del SINAREFI. López L., P. y S. Montes H. (eds). Libro Científico Núm. 1. Campo Experimental Bajío INIFAP. Celaya, Guanajuato, México. pp: 135-178.
- López L., P. y S. Montes H. (eds). 2006. Avances de investigación de la red de hortalizas del SINAREFI. Libro Científico Núm. 1. Campo Experimental Bajío INIFAP. Celaya, Guanajuato, México. 466 p.
- Luna, R., J. J., M. S. Pérez C., J. Martínez de A., K. Kraft, P. Gepts, J. Sosa R., A. R. Peralta H. 2007. Biogeografía de las poblaciones de chile silvestre (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) en México: Aplicaciones, amenazas y oportunidades para su conservación. *In*: Memoria de la Cuarta Convención Mundial del Chile. 15 - 17 de julio. Querétaro, Qro., México. pp: 64-71.
- MacNeish, R. S. 1967. A summary of the subsistence. *In*: Prehistory of the Tehuacan Valley. Byers, D. (ed). Vol. 1. University of Texas Press, Austin. pp: 290-309.
- Montes H., S., M. Ramírez M., H. Villalón M., T. Medina M., A. Morales C., E. Heredia G., J. M. Soto R., R. López de L., A. Cardona E. y H. L. Martínez T. 2006. Conservación y aprovechamiento sostenible de chile silvestre (*Capsicum* sp, Solanaceae) en México. *In*: Avances de investigación de la red de hortalizas del SINAREFI. López L., P. y S. Montes H. (eds). Libro Científico Núm. 1. Campo Experimental Bajío INIFAP. Celaya, Guanajuato, México. pp: 71-134.
- Muñoz, F. y B. Pinto C. 1966. Taxonomía y distribución geográfica de los chiles cultivados en México. Folleto Misceláneo No. 15. INIA-SAG. pp: 6-23.
- Morán B., S. H. 2003. Diversidad morfológica e isoenzimática en poblaciones de chile (*Capsicum annuum* L.) en Yucatán, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México. 130 p.

- Organización de las Naciones Unidas. 1993. [En línea]. Convenio sobre la Diversidad Biológica. Dirección URL: <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-un-es.pdf> [Consulta: Enero 2008].
- Pickersgill, B. 1984. Migration of chilli peppers, *Capsicum* spp. in the Americas. *In: Papers of the Peabody Museum of Archeology and Ethnology*. Stone, D. (ed). Vol. 76. Harvard University Press. Massachusetts. pp: 105-123.
- Pozo, C. O., S. Montes H., y E. Redondo J. 1991. Chile (*Capsicum* spp.). Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México. SOMEFI. 217-237.
- Ramírez, M. e I. López. 2007. Ocho meses de implementación de los Acuerdos de Transferencia de Materiales con el Órgano Rector del Tratado Internacional. Un informe de las experiencias de los centros del Grupo Consultivo para la investigación agrícola internacional. *In: Memoria del VI Simposio de Recursos Genéticos para América Latina y el Caribe*. 12 – 16 de noviembre. México, D. F., México. pp: 211-212.
- Rodríguez, J., B. V. Peña O., A. Gil M., B. Martínez C., F. Manzo, y L. Salazar L. 2007. Rescate *in situ* del chile ‘Poblano’ en Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30:25-32.
- Ruíz, M. 2005. Políticas públicas y normas sobre acceso a recursos genéticos. *In: Memoria del V Simposio de Recursos Genéticos para América Latina y el Caribe*. 23 – 25 de noviembre. Montevideo, Uruguay. pp: 235-237.
- SINAREFI. 2007. [En línea]. Plan de acción nacional para la conservación de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura en México. Dirección URL: <http://www.sinarefi.org/SINAREFI.htm> [Consulta: Enero de 2008].
- Trujillo A., J. J. G., O. Gutiérrez A., y C. R. Pérez Ll. 2004. Características morfológicas de flor y fruto de nueve genotipos de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) colectados en Yucatán, México. *In: Memoria de la Primera Convención Mundial del Chile*. 27-29 de junio. León, Gto., México. pp: 287-289.
- Torres M., H. L., H. Vibrans L., S. Montes H., y T. Corona T. 2005. Etnobotánica del chile piquín (*Capsicum annuum* var. *aviculare*) en la Sierra Gorda de Querétaro. *In: Memoria de la Segunda Convención Mundial del Chile*. 14-16 de agosto. Zacatecas, Zac., México. pp: 287-289.

CAPITULO I. DIVERSIDAD MORFOLÓGICA EN CHILES CRIOLLOS DEL SUR DE PUEBLA, MÉXICO

MORPHOLOGIC DIVERSITY IN CHILLI PEPPER LANDRACES OF SOUTHERN PUEBLA, MEXICO

Sara Hirán Morán Bañuelos¹, Víctor Heber Aguilar Rincón¹, Tarsicio Corona Torres¹,
Fernando Castillo González¹

RESUMEN

Se colectaron 43 poblaciones de chile criollo de los tipos Miahuateco (24), Copi (4), Criollos de Tecamatlán (3) y Poblanos (12) en 11 municipios del sur del estado de Puebla con el objetivo de caracterizarlos morfológicamente en invernadero en Montecillo, Estado de México. Se registraron 41 características de tipo vegetativo, de flor y fruto; los resultados se examinaron con métodos multivariados, los de naturaleza cualitativa (27) con un análisis de correspondencia y las cuantitativas (14) con un análisis de componentes principales, y en ambos casos con un análisis de conglomerados. Los resultados indican que las características que determinan la identidad de los tipos son: hábito de crecimiento y densidad de hojas; tamaño y forma de la flor; color, forma, tamaño de frutos y número de frutos por planta. El tipo Miahuateco mostró mayor variación asociada con las localidades de colecta, incluso mostró similitud con materiales de tipo Poblano posiblemente a causa del flujo de germoplasma en la región. El presente es un trabajo exploratorio sobre la diversidad del recurso que requiere ser profundizado dadas las preferencias hacia cada tipo de chile por parte de los agricultores nativos y con el fin de conservar e identificar material con potencial para cubrir las necesidades de comercio y consumo tradicionales.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, chile Miahuateco, chile Poblano, chile Copi, criollos de Tecamatlán.

¹ Programa de Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Carr. México–Texcoco, Km. 36.5. C.P. 56230. Montecillo, Edo. de México. Tel. (595) 952-02-00 Ext. 1588 y Fax: (595) 952-02-62 (shiran@colpos.mx).

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
<i>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</i>	1
<i>OBJETIVOS</i>	2
<i>HIPÓTESIS</i>	2
<i>REVISIÓN DE LITERATURA</i>	2
Taxonomía	2
Importancia social y económica	3
Problemática del cultivo en Puebla	7
<i>LITERATURA CITADA</i>	12
CAPITULO I. DIVERSIDAD MORFOLÓGICA EN CHILES CRIOLLOS DEL SUR DE PUEBLA, MÉXICO	17
<i>RESUMEN</i>	17
<i>INTRODUCCIÓN</i>	18
<i>MATERIALES Y MÉTODOS</i>	19
Material biológico	19
Caracterización morfológica	20
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	26
Características cualitativas	26
Características cuantitativas	32
<i>CONCLUSIONES</i>	40
<i>LITERATURA CITADA</i>	41
CAPITULO II. CAPSAICINOIDES EN CHILES CRIOLLOS DEL SUR DE PUEBLA, MÉXICO	43
<i>RESUMEN</i>	43
<i>INTRODUCCIÓN</i>	44
<i>MATERIALES Y MÉTODOS</i>	46
Material vegetal	46
Extracción de capsaicinoides	46
Cuantificación de capsaicinoides	47

<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	49
<i>CONCLUSIONES</i>	54
<i>LITERATURA CITADA</i>	54
CAPITULO III. RESISTENCIA DE CHILES CRIOLLOS DEL SUR DE PUEBLA, MÉXICO A <i>Phytophthora capsici</i> LEO.	57
<i>RESUMEN</i>	57
<i>INTRODUCCIÓN</i>	58
<i>MATERIALES Y MÉTODOS</i>	59
Material vegetal	59
Obtención del inóculo e inoculación	60
Evaluación de la enfermedad	61
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	63
<i>CONCLUSIONES</i>	70
<i>LITERATURA CITADA</i>	70
CONCLUSIONES GENERALES	74
<i>LITERATURA CITADA</i>	80
APÉNDICE	85

LISTA DE CUADROS

		Página
Cuadro 1.	Nivel de picor en Unidades Scoville (USP) de varios tipos de chile.	5
Cuadro 2.	Avance comparativo anual de siembra y cosecha de chile verde en México, por año agrícola; para riego y temporal (SIAP, 2008).	6
Cuadro 3.	Avance de siembras y cosechas de los principales estados productores. Resumen nacional para chile verde. Situación al 30 de noviembre de 2007 (SIAP, 2008).	6
Cuadro 4.	Avance comparativo anual de cosecha de chile verde en diez municipios del estado de Puebla, México, por año agrícola para riego y temporal (SIAP, 2008).	8
Cuadro 5.	Producción de chile en nueve municipios del estado de Puebla, México en el ciclo Otoño-Invierno, modalidad riego del año agrícola 2006 (SIAP, 2008).	9
 CAPÍTULO I		
Cuadro 1.	Ubicación geográfica de las localidades de colecta de chile criollo (<i>C. annuum</i>) en el estado de Puebla.	21
Cuadro 2.	Características morfológicas cualitativas registradas en 43 poblaciones de chile criollo (<i>C. annuum</i>) del sur del estado de Puebla, cultivadas en invernadero. Montecillo, Estado de México 2005.	24
Cuadro 3.	Características morfológicas cuantitativas registradas en 43 poblaciones de chile criollo (<i>C. annuum</i>) del sur del estado de Puebla, cultivadas en invernadero. Montecillo, Estado de México 2005.	25
Cuadro 4.	Análisis de correspondencia simple de siete características morfológicas en 43 poblaciones de chile criollo (<i>C. annuum</i>) del sur del estado de Puebla cultivadas en invernadero. Montecillo, Estado de México 2005.	27
Cuadro 5.	Calidad, contribuciones absoluta (abs) y relativa (rel) de los primeros cuatro ejes principales (EJPAL) del análisis de correspondencia simple para siete características morfológicas en 43 poblaciones de chile criollo (<i>C. annuum</i>) del sur del estado de Puebla cultivadas en invernadero. Montecillo, Estado de México 2005.	27
Cuadro 6.	Variación de caracteres cualitativos florales, vegetativos y de fruto de los tipos de chile criollo (<i>C. annuum</i>) del sur del estado de Puebla cultivados en invernadero. Montecillo, Estado de México 2005.	31

Cuadro 7. Vectores y valores propios del análisis de componentes principales (CP) con 11 características morfológicas cuantitativas en 43 poblaciones de chile criollo (*C. annuum*) del sur de Puebla, cultivadas en invernadero. Montecillo, Estado de México 2005. 33

Cuadro 8. Características cuantitativas de los grupos encontrados en el análisis de conglomerados de 43 poblaciones de chile criollo (*C. annuum*) de los tipos Miahuateco (m), Poblano (p), Copi y de Tecomatlán (T) del sur de Puebla, cultivadas en invernadero. Montecillo, Estado de México 2005. 38

CAPÍTULO II

Cuadro 1. Tipo, origen y características de fruto de 22 poblaciones de chile del sur de Puebla establecidas en invernadero en Montecillo, Estado de México en 2005, y evaluadas para contenido de capsaicinoides. 47

Cuadro 2. Tiempos de retención promedio, ecuación de regresión lineal y coeficiente de correlación para contenidos de capsaicina (CAP) y dihidrocapsaicina (DH). 49

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza para capsaicina, dihidrocapsaicina ($\mu\text{g g}^{-1}$) y picor en 22 poblaciones de cuatro tipos de chile provenientes de Puebla, México. 50

Cuadro 4. Contenido de capsaicina (CAP), dihidrocapsaicina (DH), proporción entre ellas (CAP:DH) y Unidades Scoville de Picor (USP) para 22 poblaciones del sur de Puebla, de cuatro tipos de chile establecidas en invernadero en Montecillo, Estado de México 2005. 51

CAPÍTULO III

Cuadro 1. Localidades del sur del estado de Puebla donde se colectaron poblaciones de chiles criollos (*Capsicum annuum* L.) evaluadas para resistencia a *Phytophthora capsici* Leo. 61

Cuadro 2. Escala arbitraria de severidad (S) en plantas de chile de acuerdo a los síntomas que se describen. 62

Cuadro 3. Comportamiento promedio de poblaciones de chile (*C. annuum*) para las variables indicadoras de la marchitez, al inocularse con *Phytophthora capsici* Leo. 64

Cuadro 4. Análisis de varianza de las variables r^* , ABCPEi, ABCPE_n y ABCPEs. 67

Cuadro 5. Comparación de medias de las variables indicadoras de la resistencia a *Phytophthora capsici* Leo. en 29 colectas de chiles criollos (*C. annuum*) del sur de Puebla, cultivadas en invernadero e inoculadas con *P. capsici*. Montecillo, México 2005. 68

APÉNDICE

Cuadro 1A.	Vectores y valores propios del análisis de componentes principales (CP) para las variables indicadoras de la marchitez en 29 poblaciones de chile criollo (<i>C. annuum</i>) del sur de Puebla, cultivadas en invernadero e inoculadas con <i>Phytophthora capsici</i> Leo. Montecillo, México 2005	89
------------	---	----

LISTA DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO I	
Figura 1. Ubicación geográfica de los municipios de colecta de chile criollo (<i>C. annuum</i>) de Puebla, México. 1) San Matías Tlalancaleca; 2) San Salvador El Verde; 3) San Martín Texmelucan; 4) Tecamachalco; 5) Yehualtepec; 6) Xochitlán de Todos Santos; 7) Tlacotepec de Benito Juárez; 8) Tepanco de López; 9) Santiago Miahuatlán; 10) Tehuacán; 11) Tecomatlán.	23
Figura 2. Dispersión de 43 poblaciones de chiles criollos (<i>C. annuum</i>) del sur del estado de Puebla, cultivadas en invernadero, en función de los coordinados fila de los dos primeros ejes principales (λ) del Análisis de Correspondencia Simple de siete características morfológicas.	29
Figura 3. Dendrograma de 43 poblaciones de chile criollo (<i>C. annuum</i>) de Puebla, cultivadas en invernadero, por el método de agrupamiento UPGMA con base en siete características morfológicas cualitativas.	30
Figura 4. Dispersión de 43 poblaciones de chile criollo (<i>C. annuum</i>) del sur de Puebla, cultivadas en invernadero, en función del primer y segundo componentes principales de 11 características morfológicas cuantitativas.	34
Figura 5. Dendrograma de 43 poblaciones de chile criollo (<i>C. annuum</i>) de Puebla cultivadas en invernadero, por el método de agrupamiento UPGMA con base en 11 características morfológicas cuantitativas.	36
CAPÍTULO II	
Figura 1. Máximos de absorción (mUA) para capsaicina natural (Sigma Co.) en metanol, detectadas a $\lambda = 202, 246$ y 300 nm en HPLC (HP serie 1100) con detector de arreglo de diodos y fase móvil acetonitrilo:amortiguador de KH_2PO_4 35mM (65:35) a 1.7 mL min^{-1} en columna C_{18} .	49
APENDICE	
Figura 1A. Frutos representativos de los tipos de chile reconocidos localmente como: A) Miahuateco, B) Poblano, C) Copi, D) Colorado, E) Amarillo y F) Negro, cultivados en invernadero en Montecillo, Estado de México 2005.	94
Figura 2A. Cromatogramas representativos para los tipos de chile reconocidos localmente como: A) Miahuateco, B) Mulato, C) Copi, D) Colorado, E) Amarillo y F) Negro.	95
Figura 3A. Categorías nominales de severidad en plantas de chile de acuerdo a los síntomas que se describen.	96

INTRODUCCIÓN

En gran parte de México se cultivan variedades nativas o criollas de chile (*Capsicum* spp.), contribuyendo a la conservación y generación de diversidad genética *in situ*; sin embargo, algunas variantes se encuentran bajo erosión genética por el abandono de la actividad agrícola, problemas fitosanitarios graves y poco control en el flujo de germoplasma que se utiliza en las parcelas agrícolas (Aguilar *et al.*, 2006).

Para promover la conservación de los tipos de chile criollo es necesario conocer la diversidad mantenida por miles de años a nivel local y regional bajo las condiciones de la agricultura tradicional, establecer un diagnóstico y una estrategia para un mejor aprovechamiento de los materiales nativos (Chávez *et al.*, 2004).

Los estudios sobre la diversidad genética de chile en México, se han llevado a cabo con base en atributos morfológicos, cariotípicos, isoenzimáticos y fitoquímicos. Se ha observado amplia variación, particularmente en *Capsicum annuum* L., que es reconocida como la especie de mayor importancia económica (De, 2003). En años recientes se ha enriquecido el listado y descripción de tipos de chile elaborado por Laborde y Pozo (1984) con información de exploraciones en los estados de Yucatán, Oaxaca, Morelos y Puebla (López y Montes, 2006). A pesar de ello, aún no se cuenta con una clasificación completa de los tipos de chile, su distribución y descripción a nivel nacional.

El estado de Puebla, en particular, pertenece al Centro de Diversidad Mesoamericano, donde se llevó a cabo la domesticación y diversificación de *Capsicum* hace 10,000-12,000 años (Loaiza *et al.*, 1989; Basu y De, 2003; Perry y Flannery, 2007) y es posible que sea el centro de origen del tipo Poblano (*Capsicum annuum* L.) (Laborde y Pozo, 1984). En el estado se ha encontrado variación morfológica de las especies *C. annuum* L. y *C. pubescens* Jacq., la cual aún no se ha colectado y caracterizado de manera exhaustiva. Entre los tipos criollos que se han encontrado en esta región se encuentran los tipos Poblano, Miahuateco, Copi, Rayado, Loco, Serranito, Piquín, Amarillo, Colorado y Negro, todos ellos pertenecientes a *C. annuum* y el tipo manzano (*C. chinense*) (Chávez, 1999; Aguilar *et al.*, 2006). De manera particular, se ha observado que el tipo Miahuateco difiere

con respecto a la descripción de Laborde y Pozo (1984), por lo que resultan imperantes estudios la biodiversidad de éste y otros tipos de chile en la región.

En el año 2004 se inició, bajo el auspicio del Sistema Nacional de los Recursos Filogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI), el estudio de la diversidad del chile en diversos estados del país con el fin contribuir a su conocimiento, conservación y utilización sustentable. Considerando que la diversidad de formas biológicas de la especie es debida a las diferencias ambientales, socioeconómicas y culturales de cada región, así como la variación en manejo de semilla, se diseñó la presente investigación con el objetivo particular de coleccionar y evaluar la diversidad genética de *C. annuum* con base en caracteres morfológicos, de un grupo de poblaciones de chile criollo coleccionadas en municipios del sur del estado de Puebla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico

Durante los ciclos agrícolas de verano e invierno 2004 - 2005 se coleccionaron 43 poblaciones de chile (*Capsicum annuum* L.) en 11 municipios del sur del estado de Puebla (Cuadro 1, Figura 1); de cada población se coleccionaron al menos 25 frutos maduros (de uno a cinco por planta) de los tipos denominados localmente como Miahuateco, Poblano ancho y mulato, así como de los tipos Copi y criollos del municipio de Tecamatlán. Los frutos se deshidrataron a temperatura ambiente en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo y se obtuvieron las semillas de cada uno. De cada población se tomó una muestra de semillas por planta y se sembraron en charolas de poliestireno de 200 pozos; finalmente, 25 plántulas de cada accesión se trasplantaron a macetas de plástico de 5 litros de capacidad con suelo rico en materia orgánica como sustrato y se cultivaron hasta la cosecha de sus frutos, bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en 2005.

Caracterización morfológica

Durante el desarrollo del cultivo se registraron 41 características morfológicas de tipo vegetativo, de flor y fruto, con base en los descriptores sugeridos para la especie (IPGRI, 1995) (Cuadros 2 y 3). Con el objetivo de determinar el valor clasificador de cada característica evaluada y su contribución a la variación total, se analizó a través de la técnica multivariada de Análisis de Correspondencia Simple (ACS) la matriz de variables de naturaleza cualitativa (escala ordinal y nominal) y con Análisis de Componentes Principales (ACP) la matriz de variables cuantitativas (escala numérica), como se ha sugerido en trabajos previos (Morán, 2003) y usando el paquete computacional SAS versión 8.1 (SAS, 1999). El Análisis de Conglomerados Jerárquico (ACJ) mediante UPGMA (Unweighted Pair-Group Method, Arithmetic Average) determinó la agrupación de los materiales a partir del total de caracteres evaluados y usando el paquete computacional NTSYS (Rohlf, 1993).

Cuadro 1. Ubicación geográfica de las localidades de colecta de chile criollo (*C. annuum*) en el estado de Puebla.

Tipo	Municipio	Localidad	Población	Latitud Norte†	Longitud Oeste	Altitud (msnm)
Miahuateco	Tepanco	Paraje Cruz Verde	CP631	18°34'43''	97°33'48.9''	1836
		Predio Tendidera	CP632	18°34'58.1''	97°33'59''	1853
		El Cuatillo	CP633	18°34'25.1''	97°33'37.4''	1817
		Rancho Tecajete, San Luis Calmacayucan	CP634	18°35'26.5''	97°29'49.6''	1800
		José Ma. Pino Suárez	CP635	18°31'0.8''	97°29'1.6''	1736
Tehuacán	Tepeteopan	San Cristóbal Tepeteopan	CP637	18°32'7.6''	97°33'36.5''	1811
		Paraje Ixtlahuac, Cuayucatepec	CP639	18°32'22.6''	97°27'54.2''	1757
		Santiago Miahuatlán	CP640	18°33'07''	97°26'28''	1780
Miahuatlán	Miahuatlán	Santiago Miahuatlán	CP641	18°33'07''	97°26'28''	1780
		Santo Nombre	CP642	18°40'8.5''	97°40'48.2''	1923
Tlacotepec	Tlacotepec	El Zapote	CP643	18°39'51.7''	97°40'9.1''	1912
		El Zorrillal	CP644	18°38'24.3''	97°39'37.7''	1904
		Paraje Jaimes, Santo Nombre	CP645	18°38'56.9''	97°41'35.2''	1896
		Paraje Sabana	CP646	18°39'10.1''	97°42'15.1''	1899
		Rancho la Virgen	CP647	18°37'18.3''	97°36'31.1''	1886
		Pericotepec	CP648	18°36'29.3''	97°37'41.4''	1901
		Col Benito Juárez, Ejido Rancho Chico	CP649	18°44'45.4''	97°41'6.2''	2001
		San Pedro Ascona, Ejido Rancho Chico	CP650	18°44'24.7''	97°41'0.6''	1998
		San Pedro Ascona, El Crucero	CP651	18°44'37.3''	97°40'56.1''	1972
		La Cañada, San Miguel Zozutla	CP652	18°42'24.6''	97°40'50.2''	1965
Xochitlán	Tetzoyocan	San Gabriel Tetzoyocan	CP653	18°46'9.7''	97°43'27.8''	2007
		Tetlahuacan	CP654	18°41'57.3''	97°48'54.9''	1848
Tecamachalco	Tecamachalco	Monte Grande	CP655	18°40'36.9''	97°44'32.8''	1899
		San José, La Portilla	CP657	18°49'3.3''	97°45'27.3''	1996

† = Datos tomados en campo y de <http://www.fallingrain.com/world/MX/21/>; NR = Dato no registrado.

Cuadro 1. Continuación...

Tipo	Municipio	Localidad	Población	Latitud Norte†	Longitud Oeste	Altitud (msnm)
Copi	Tlacoatepec	Santo Nombre	CP642c	18°40'8.5"	97°40'48.2"	1923
	Yehualtepec	San Pedro Ascona. El Crucero	CP651c	18°44'37.3"	97°40'56.1"	1972
	Xochitlán	Tetlahuacan	CP654c	18°41'57.3"	97°48'54.9"	1848
	Tecamachalco	El Cortelaonce, Ejido Pino Suárez	CP656	18°51'12.3"	97°44'7.5"	2010
Amarillo	Tecomatlán	San Miguel de Lozano	CP661a	18°41'57.3"	97°48'54.9"	1848
	Tecomatlán	San Miguel de Lozano	CP661c	18°41'57.3"	97°48'54.9"	1848
	Tecomatlán	San Miguel de Lozano	CP661n	18°41'57.3"	97°48'54.9"	1848
Poblano	San Martín	El Rosario	CP667	19°16'60"	98°25'60"	2236
	Texmelucan	Santa María	CP668	NR	NR	NR
		Santa María Moyotzingo	CP669	19°15'0"	98°24'0"	2234
	San Salvador el Verde	Los Arcos	CP670	19°16'0"	98°31'0"	2399
		La Loma	CP673	19°21'55"	98°25'5"	NR
		Los Bancos	CP674	NR	NR	NR
	San Matías Tlalancaleca	Texcotitla	CP671	19°17'30"	98°27'42"	NR
		El Tejocote	CP672	NR	NR	NR
		La Loma, Juárez Coronaco	CP675	NR	NR	NR
		El Panteón, Juárez Coronaco	CP676	NR	NR	NR
		San Juan, Juárez Coronaco	CP677	19°7'0"	98°17'60"	2195
		San Francisco Tlálac	CP678	19°22'0"	98°28'0"	2400

† = Datos tomados en campo y de <http://www.fallingrain.com/world/MX/21/>; NR = Dato no registrado.



Figura 1. Ubicación geográfica de los municipios de colecta de chile criollo (*C. annuum*) de Puebla, México. 1) San Matías Tlalancaleca; 2) San Salvador El Verde; 3) San Martín Texmelucan; 4) Tecamachalco; 5) Yehualtepec; 6) Xochitlán de Todos Santos; 7) Tlacotepec de Benito Juárez; 8) Tepanco de López; 9) Santiago Miahuatlán; 10) Tehuacán; 11) Tecamatlán.

Cuadro 2. Características morfológicas cualitativas registradas en 43 poblaciones de chile criollo (*C. annuum*) del sur del estado de Puebla, cultivadas en invernadero. Montecillo, Estado de México 2005.

CLAVE	CARACTERÍSTICA	ESCALA
DH	Densidad de hoja	Ordinal; 3 escasa a 7 densa
PT	Pubescencia de tallo	Ordinal; 3 escasa a 7 densa
CH	Color de hoja	Nominal; 1 amarillo a 8 otro
HAB	Hábito de crecimiento	Nominal; 3 postrada a 9 otro
FT	Forma del tallo	Nominal; 1 cilíndrico a 3 achatado
FH	Forma de la hoja	Nominal; 1 deltoide a 3 lanceolada
MLF	Margen de la lámina foliar	Nominal; 1 entera a 3 ciliada
PH	Pubescencia de la hoja	Ordinal; 3 escasa a 7 densa
CAC	Constricción anular del cáliz	Nominal; 0 ausente a 1 presente
PF	Posición de la flor	Ordinal; 3 pendiente a 7 erecta
FC	Forma de la corola	Nominal; 1 redonda a 3 otro
CA	Color de la antera	Nominal; 1 blanco a 6 otro
CF	Color del filamento	Nominal; 1 blanco a 7 otro
PIG	Pigmentación del cáliz	Nominal; 0 ausente a 1 presente
MC	Margen del cáliz	Nominal; 1 entero a 4 otro
EXE	Exserción del estigma	Ordinal; 3 inserto a 7 exserto
CFI	Color del fruto en estado intermedio	Nominal; 1 blanco a 7 otro
MAnt	Manchas antocianínicas	Nominal; 0 ausente a 1 presente
CFM	Color del fruto en estado maduro	Ordinal; 1 blanco a 13 otro
AntN	Antocianinas del nudo	Nominal; 1 verde a 7 morado oscuro
FFr	Forma del fruto	Nominal; 1 elongado a 6 otro
AT	Arrugamiento transversal del fruto	Ordinal; 3 levemente corrugado a 7 muy corrugado
FFrP	Unión del fruto con el pedicelo (cajete)	Ordinal; 1 agudo a 5 lobulado
BFr	Cuello en la base del fruto	Nominal; 0 ausente a 1 presente
FAFr	Forma del ápice del fruto	Nominal; 1 puntudo a 5 otro
AFr	Apéndice del fruto	Nominal; 0 ausente a 1 presente
EFr	Tipo de epidermis del fruto	Ordinal; 1 lisa a 3 rugosa

Cuadro 3. Características morfológicas cuantitativas registradas en 43 poblaciones de chile criollo (*C. annuum*) del sur del estado de Puebla, cultivadas en invernadero. Montecillo, Estado de México 2005.

CLAVE	CARACTERÍSTICA	ESCALA
AP	Altura de planta	cm
NP	Número de pétalos	Nominal
FA	Flores por axila	Nominal
LA	Longitud de la antera [†]	cm
LC	Longitud de la corola	cm
LF	Longitud del filamento	mm
LH	Longitud de hoja [¶]	cm
AH	Ancho de hoja	cm
LFr	Longitud del fruto [§]	cm
AFr	Ancho de fruto	cm
LP	Longitud del pedicelo del fruto	cm
EP	Espesor de la pared del fruto seco	mm
NL	Número de lóculos	Nominal
FxP	Frutos por planta (un solo corte)	Nominal

[†] = Flores totalmente abiertas durante el primer flujo de floración; [¶] = Hojas maduras de las ramas principales de la planta; [§] = Frutos maduros de la primer cosecha.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las poblaciones presentaron atributos característicos de la especie *C. annuum*, como son: corola de color blanco a crema, flores solitarias, frutos verdes en estado inmaduro, pendientes e intermedios con semillas de color crema a amarillo, delgadas y casi circulares.

Los siguientes caracteres fueron excluidos de los análisis multivariados por no mostrar variación, en todos los casos se presentó, en promedio, una forma del tallo cilíndrica y con pubescencia escasa; margen de la lámina foliar entero y de pubescencia escasa; corolas de seis pétalos, anteras de color verde durante la antesis, filamentos color crema a amarillo, margen del cáliz dentado y con constricción anular; los frutos no presentaron manchas antocianínicas ni cuello en su base, levemente corrugados y conservaron el apéndice, vestigio de floración. Por otro lado, se observó mayor variación en atributos del fruto como son el color, la forma y la unión con el pedicelo, así como el hábito de crecimiento, altura de planta y número de frutos por planta.

Características cualitativas

Con el ACS se determinó que las variables hábito de crecimiento (HAB), forma de la hoja (FH), posición de la flor (PF), exserción del estigma (EXE), color del fruto en estado intermedio (CFI), antocianinas del nudo (AntN) y la forma del ápice del fruto (FAFr) no contribuyen de manera considerable a la variación; en cambio, la forma de la corola (FC), pigmentación del cáliz (PIG), color de la hoja (CH), densidad de hojas (DH), color del fruto maduro (CFM), forma del fruto (FFr) y la forma del fruto en unión con el pedicelo (FFrP) contribuyen en mayor proporción a la varianza global. Un segundo análisis de correspondencia con dichas características mostró que con los primeros cuatro ejes principales se explica el 97.74 % de la varianza total. El primer eje principal presentó un valor singular de $\lambda=0.19$ y explicó el 51.9 % de la varianza, mientras que el segundo eje principal tuvo un valor singular de $\lambda=0.16$ y explicó el 37.1 % de la varianza (Cuadro 4), aportando en suma el 88.9 %. Las características CFM y FFr han mostrado importancia en la clasificación de diversas colectas de *C. annuum* de varias regiones del país (Corona, 2000; Hernández, 2000; Martínez, 2000; Pérez, 2000;

Morán-Bañuelos, 2003), siendo la variación en estas características un distintivo de la especie (Hernández *et al.*, 1999; De, 2003).

Cuadro 4. Análisis de correspondencia simple de siete características morfológicas en 43 poblaciones de chile criollo (*C. annuum*) del sur del estado de Puebla cultivadas en invernadero. Montecillo, Estado de México 2005.

Eje Principal	Valor singular	Inercia Principal	Chi-cuadrada	Porcentaje individual	Porcentaje acumulado
λ_1	0.187	0.035	38.86	51.89	51.9
λ_2	0.158	0.025	27.78	37.10	88.9
λ_3	0.060	0.004	3.96	5.30	94.3
λ_4	0.048	0.002	2.58	3.45	97.7

Los valores de calidad y contribución absoluta de cada característica (Cuadro 5) indican cuál de ellas es la mejor representada en cada eje principal, por lo que las características PIG y DH están bien representadas en el primer eje principal, y ambas contribuyeron en mayor medida a la construcción de este eje. En tanto que, las características CH y FFr son las mejor representadas en el segundo eje principal y contribuyen en mayor medida a la construcción del mismo.

Cuadro 5. Calidad, contribuciones absoluta (abs) y relativa (rel) de los primeros cuatro ejes principales (EJPAL) del análisis de correspondencia simple para siete características morfológicas en 43 poblaciones de chile criollo (*C. annuum*) del sur del estado de Puebla cultivadas en invernadero. Montecillo, Estado de México 2005.

Caracter [†]	Calidad	EJPAL1		EJPAL2		EJPAL3		EJPAL4	
		abs	rel	abs	rel	abs	rel	abs	rel
FC	0.999	0.189	0.038	0.500	0.142	0.169	0.335	0.142	0.431
PIG	0.999	0.781	0.701	0.218	0.273	0.000	0.000	0.001	0.008
CH	0.896	0.131	0.004	0.577	0.027	0.153	0.049	0.035	0.017
DH	0.999	0.455	0.213	0.505	0.331	0.004	0.016	0.036	0.253
CFM	0.958	0.179	0.011	0.316	0.028	0.342	0.212	0.120	0.114
FFr	0.745	0.020	0.002	0.650	0.096	0.067	0.069	0.008	0.014
FFrP	0.936	0.191	0.030	0.470	0.103	0.207	0.319	0.069	0.162

[†] FC=Forma de la corola; PIG=Pigmentación del cáliz; CH=Color de la hoja; DH= Densidad de hoja; CFM= Color del fruto en estado maduro; FFr=Forma del fruto; FFrP=Forma del fruto en unión con el pedicelo.

Al graficar la dispersión de las 43 poblaciones de chile criollo (Figura 2) en función de los coordenados fila de los ejes principales uno y dos, se observa en el Cuadrante I, el aislamiento de las poblaciones tipo Copi de Tlacotepec y Tecamachalco, así como el grupo denominado Poblano-I, constituido por las poblaciones CP668, CP669, CP671, CP672, CP673, CP674, y CP678, que por compartir en promedio los mismos estados de carácter, se ubican en un mismo punto en el área del gráfico. La separación de estos materiales estuvo determinada básicamente por la presencia de pigmentación en el cáliz y la forma del fruto. En el segundo cuadrante se ubicaron el resto de las poblaciones tipo Copi y aquellas de Tecomatlán, caracterizadas por hojas de color verde claro y en mayor densidad. En tanto que entre el segundo y tercer cuadrante se ubicó el total de las poblaciones de tipo Miahuateco, separadas en tres grupos con base en atributos de flor y por el grado de depresión de la unión entre el fruto y el pedicelo (cajete).

Las poblaciones de Miahuateco-I (CP649, CP650, CP652, CP654, CP655, y CP657) exhibieron flores con forma acampanulada, entre tanto en el Miahuateco-II (CP633, CP634, CP635, CP637, CP639, CP641, CP642, CP644, CP646, CP648 Y CP653) las flores tuvieron una forma redonda, aunque la forma del fruto en unión con el pedicelo fue truncada en ambos casos; a diferencia de Miahuateco-III (CP631, CP632, CP640, CP643, CP645 y CP647) que fue de tipo cordado. La población aislada Miahuateco-CP651 proveniente del Municipio de Yehualtepec, diverge del tipo Miahuateco por la mayor presencia de frutos de color rojo oscuro al madurar, una característica típica del Poblano-Ancho (Laborde y Pozo, 1984) (Figura 1 del Apéndice). El resto de las poblaciones de tipo Poblano se ubicaron en el Cuadrante IV, agrupadas cuatro de ellas en Poblano-II (CP667, CP670, CP675 y CP677) y por separado CP676; dicha población se distinguió por presentar una forma de fruto en unión con el pedicelo de tipo lobulado; es decir que presentó en general frutos con un cajete pronunciado.

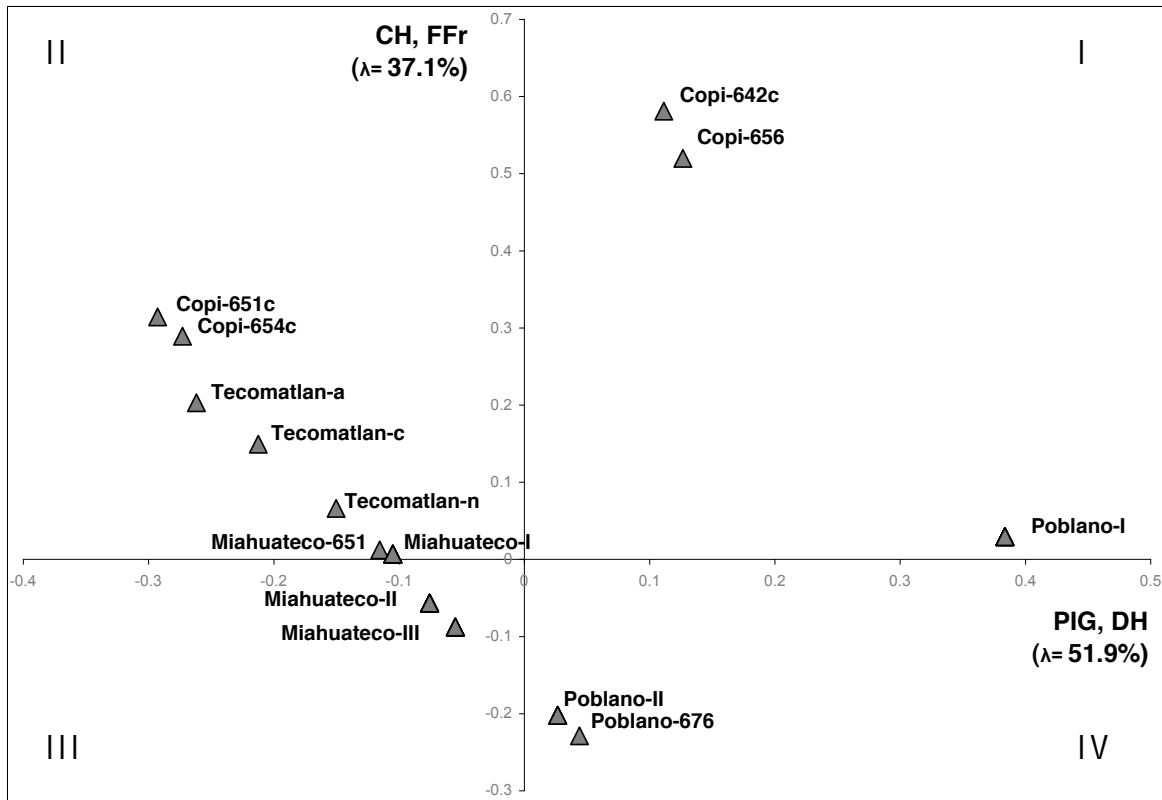


Figura 2. Dispersión de 43 poblaciones de chiles criollos (*C. annuum*) del sur del estado de Puebla, cultivadas en invernadero, en función de los coordinados fila de los dos primeros ejes principales (λ) del Análisis de Correspondencia Simple de siete características morfológicas. (CH=Color de la hoja; DH= Densidad de hoja; FFr=Forma del fruto y PIG=Pigmentación del cáliz).

Los resultados del análisis de conglomerados, utilizando como coeficiente de similitud la distancia euclidiana y el método de agrupamiento UPGMA se presentan en el dendrograma de la Figura 3, donde la agrupación muestra consistencia con la dispersión que se observó previamente. A una distancia de 4.7 se pueden identificar tres grupos: en la parte superior los chiles anchos Miahuateco, Poblano y el Negro de Tecamatlán; en la parte media los chiles de Tecamatlán Colorado, Amarillo y el Miahuateco CP651; en la parte inferior las cuatro poblaciones del tipo Copi. En el primero de estos grupos se observa que el Poblano-II coincide en un mayor número de características con los chiles miahuatecos que con Poblano-I, principalmente en la ausencia de pigmentación en el cáliz.

En ambos análisis la separación de los tipo Copi, Amarillo y Colorado es evidente ya que poseen características contrastantes con respecto al Miahuateco y Poblano, en el hábito de crecimiento, color y forma de la hoja, densidad de hoja, forma de la corola, forma y color del fruto en estado maduro y tipo de cajete, por lo que el reconocimiento a simple vista de cada uno de ellos durante la presente investigación fue factible; en cuanto al Negro, por su color de fruto se ubica dentro del grupo de los anchos, mientras que el Miahuateco-651 se separa del mismo por el color rojo en sus frutos. En el Cuadro 6 se hace referencia de los estados de caracter predominantes para estos tipos y las divergencias entre ellos.

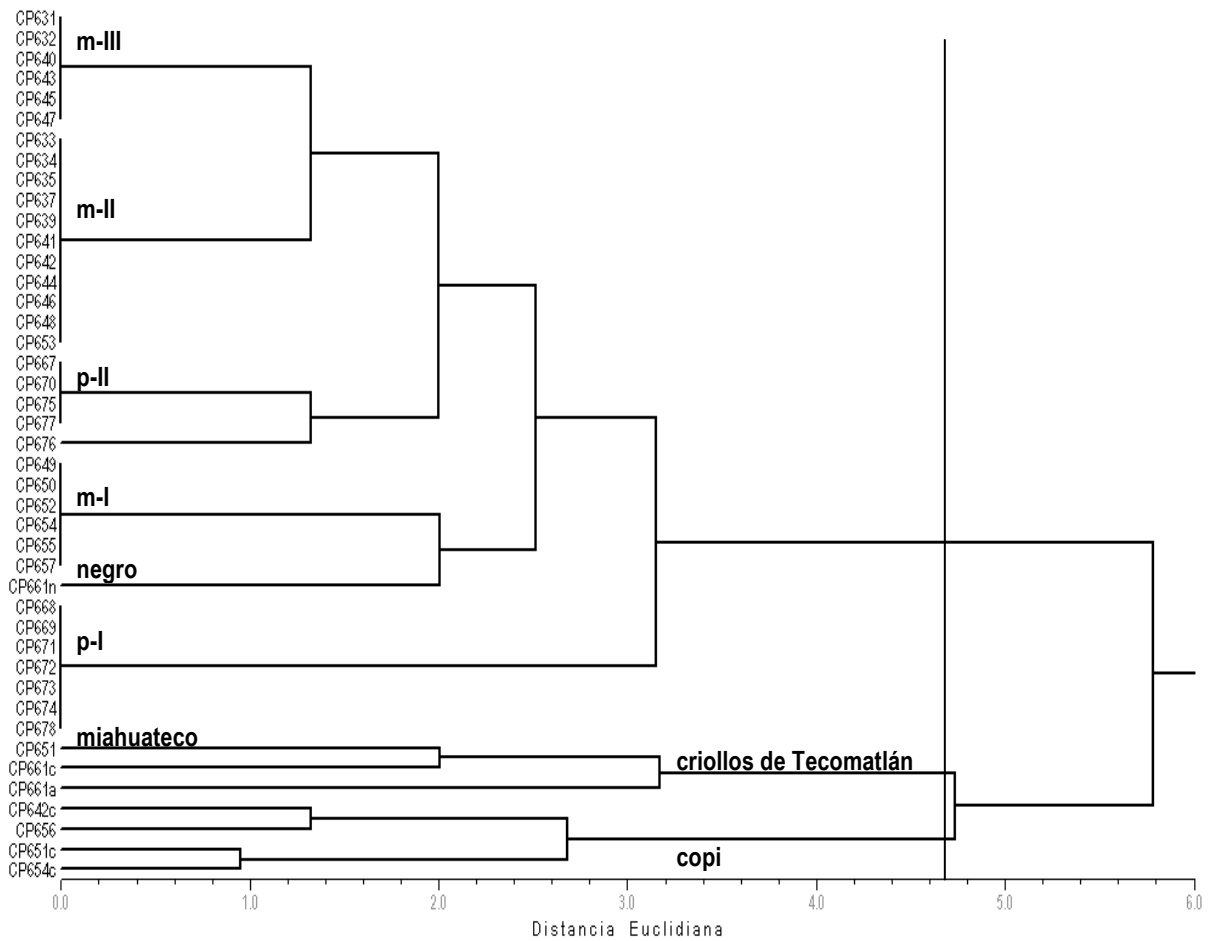


Figura 3. Dendrograma de 43 poblaciones de chile criollo (*C. annuum*) de Puebla, cultivadas en invernadero, por el método de agrupamiento UPGMA con base en siete características morfológicas cualitativas (Forma de la corola, pigmentación del cáliz, color de la hoja, densidad de hoja, color del fruto en estado maduro, forma del fruto y forma del fruto en unión con el pedicelo).

Cuadro 6. Variación de caracteres cualitativos florales, vegetativos y de fruto de los tipos de chile criollo (*C. annuum*) del sur del estado de Puebla cultivados en invernadero. Montecillo, Estado de México 2005.

Carácter†	Estado	Miahuateco	Poblano	Copi	Amarillo	Colorado	Negro
PF	Pendiente	58.0¶	0.0	75.0	86.1	97.7	94.4
	Intermedia	42.0	100.0	25.0	13.9	2.3	5.6
FC	Redonda	70.8	100.0	0.0	97.2	97.7	100.0
	Acampanulada	29.2	0.0	100.0	2.8	2.3	0.0
CF	Amarillo	100.0	100.0	100.0	86.1	100.0	94.4
	Morado claro	0.0	0.0	0.0	11.1	0.0	0.0
	Morado	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	5.6
EXE	Exserto	71.0	0.0	50.0	80.6	67.4	44.4
	Al mismo nivel	29.0	100.0	50.0	19.4	32.6	55.6
PIG	Ausente	100.0	42.0	50.0	88.9	93.0	100.0
	Presente	0.0	58.0	50.0	11.1	7.0	0.0
HAB	Postrado	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
	Erecto	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0
AntN	Morado oscuro	100.0	25.0	100.0	64.0	62.8	33.3
	Morado	0.0	50.0	0.0	19.4	16.3	33.3
	Morado claro	0.0	25.0	0.0	16.6	20.9	33.3
DH	Densa	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0	89.5
	Intermedia	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.5
CH	Verde claro	0.0	0.0	100.0	89.2	86.0	31.6
	Verde	100.0	100.0	0.0	10.8	14.0	68.4
FH	Oval	83.4	100.0	25.0	73.0	79.1	84.2
	Lanceolada	0.0	0.0	75.0	0.0	0.0	0.0
	Deltoide	16.6	0.0	0.0	27.0	20.9	15.8
CFM	Naranja	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
	Rojo	0.0	0.0	25.0	0.0	20.9	0.0
	Rojo oscuro	4.0	0.0	75.0	0.0	79.1	0.0
	Marrón	96.0	100.0	0.0	0.0	0.0	66.7
	Negro	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.3
FFr	Triangular	100.0	100.0	100.0	88.9	93.1	100.0
	Elongado	0.0	0.0	0.0	8.3	2.3	0.0
	Acampanulado y en bloque	0.0	0.0	0.0	2.8	2.3	0.0
	Casi redondo	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0
FFrP	Agudo	0.0	0.0	25.0	0.0	0.0	0.0
	Obtuso	0.0	0.0	75.0	27.7	16.2	0.0
	Truncado	71.0	0.0	0.0	53.0	62.8	38.8
	Cordado	29.0	92.0	0.0	16.6	21.0	55.6
	Lobulado	0.0	8.0	0.0	2.7	0.0	5.6
FAFr	Hundido-puntudo	100.0	58.3	100.0	94.4	100.0	94.4
	Hundido	0.0	41.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	Puntudo	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	5.6
AFr	Presente	100.0	100.0	100.0	88.9	83.7	88.9
	Ausente	0.0	0.0	0.0	11.1	16.3	11.1
AT	Levemente corrugado	95.2	100.0	100.0	91.7	95.3	100.0
	Intermedio	4.2	0.0	0.0	8.3	4.7	0.0
EFr	Lisa	71.0	100.0	25.0	88.9	88.9	100.0
	Semirrugosa	29.0	0.0	75.0	11.1	11.1	0.0

† PF= Posición de la flor; FC= Forma de la corola; CF= Color del filamento; EXE= Exserción del estigma; PIG= Pigmentación del cáliz; HAB= Hábito de crecimiento; AntN= Antocianinas del nudo; DH= Densidad de hoja; CH= Color de la hoja; FH= Forma de la hoja; CFM= Color del fruto maduro; FFr= Forma del fruto; FFrP= Forma del fruto en unión con el pedicelo; FAFr= Forma del ápice del fruto; AFr= Apéndice del fruto; AT= Arrugamiento transversal del fruto y EFr= Epidermis del fruto. ¶ Porcentaje.

Aguilar *et al.* (2006) citan a Laborde y Pozo (1984) y Pozo *et al.* (1991) en lo relativo a que el Miahuateco pertenece al grupo de los chiles anchos y difiere de los

poblanos en que maduran comúnmente en color marrón y en menor proporción en rojo; en el presente trabajo el fruto del 96 % de las poblaciones de tipo Miahuateco maduró en color marrón y dado que las poblaciones de tipo Poblano solo incluyeron materiales que maduran en marrón, denominados comúnmente como Mulato, no fue posible corroborar este supuesto; aunque en la región de San Martín Texmelucan se pudo observar la presencia de la variante que madura en rojo, denominada Ancho y de importancia local para su comercio en estado seco; por lo que habría que ampliar la colecta y estudio de esta variante. Los autores refieren también, que el tipo Miahuateco presenta frutos sin cajete, lo cual se apoya con los resultados presentados en el Cuadro 6, donde la forma truncada, que hace referencia a esta condición predomina en este tipo mientras que en el Poblano, los estados cordado y lobulado indican presencia de un cajete marcado y cajete pronunciado, respectivamente. Actualmente el chile Miahuateco se cultiva mezclado con chiles con cajete similar a los poblanos, lo cual ha promovido intercambio genético entre estos tipos generando un intervalo de variación continua en características como ésta, de ahí que su identidad no sea tan clara como lo indican los autores señalados.

Características cuantitativas

De manera general, el número de pétalos (NP), el número de flores por axila (FA) y el número de lóculos (NL) no mostraron variación, por lo que no se incluyeron en el análisis multivariado. Con la matriz de medias poblacionales del resto de las variables y utilizando su respectiva matriz de correlaciones se llevó a cabo un análisis de componentes principales (ACP) con el cual se determinó que la mayor contribución a la varianza estuvo dada por las variables longitud de la antera (LA), número de frutos por planta (FxP), altura de planta (AP), longitud del pedicelo (LP) y longitud del fruto (LFr) presentaron una mayor contribución a la varianza global. Así como las variables generadas: LH/AH y LFr/AFr, que representan el cociente entre cada par de variables, como un indicativo de la forma de estas estructuras.

En el ACP, con los primeros seis componentes principales se explica el 91.2% de la varianza total. El primer componente principal presentó un valor propio de 3.992 y explicó el 36.3% de la varianza; mientras que el segundo componente principal presenta un valor propio de 2.682 y explicó el 24.4% de la varianza, aportando en suma el 60.6%

(Cuadro 7). Los valores en vectores propios asociados a cada característica indican el grado de contribución en la determinación de cada componente principal, por lo que las características LA, Log(FxP) y el cociente LH/AH son los de mayor relevancia en el primer componente principal, en tanto que en segundo componente lo fueron LP y Log (AP).

Cuadro 7. Vectores y valores propios del análisis de componentes principales (CP) con 11 características morfológicas cuantitativas en 43 poblaciones de chile criollo (*C. annuum*) del sur de Puebla, cultivadas en invernadero. Montecillo, Estado de México 2005.

CARACTERÍSTICA †	CP1	CP2	CP3
LC	0.3257	0.2171	-0.1761
LA	0.4245	-0.0469	0.0358
LF	0.3390	0.0073	-0.1319
Log(AP)	0.2655	0.4327	0.1389
LH	0.2769	0.4006	-0.2062
LH/AH	0.3437	-0.1455	-0.3814
LFr	-0.1274	0.3648	0.5629
LFr/AFr	0.2687	-0.2095	0.5440
LP	0.1183	0.4967	0.0568
EP	-0.3194	0.1819	-0.3235
Log(FxP)	0.3592	-0.3535	0.1495
Valor propio	3.9915	2.6823	1.6092
Variación explicada	36.29	24.38	14.63
Variación acumulada	36.29	60.67	75.30

† LC= Longitud de la corola; LA= Longitud de las anteras; LF= Longitud del filamento; Log(AP)= Logaritmo en base 10 de Altura de planta; LH= Longitud de la hoja; LH/AH= Cociente entre Longitud de hoja y Ancho de hoja; LFr= Longitud del fruto; LFr/AFr= Cociente entre Longitud del fruto y Ancho del fruto; LP= Longitud del pedicelo; EP= Espesor de la pared del fruto; Log(FxP)= Logaritmo en base 10 del Número de frutos por planta.

Al graficar la dispersión de las 43 poblaciones de chile criollo (Figura 4) en función de los primeros dos componentes principales, se observa a los de Tecamatlán y los tipo copi como grupos aislados. Los de Tecamatlán se distinguen por exhibir los pedicelos más cortos (3.2 cm, en promedio) y la menor altura de las plantas (54 cm, en promedio), mientras que en el resto de los tipos su longitud de pedicelo y altura estuvo por arriba de los 4 y 70 cm, respectivamente (Cuadro 8). En cuanto a los representantes del tipo copi, éstos mostraron la mayor longitud de antera, 3.42 mm en CP651c y el mayor número de frutos por planta en el primer corte, 28 frutos en CP642c. Adicionalmente para el tipo Copi, los datos registrados en las variables LFr y AFr, así como la relación entre ellas (LFr/AFr), evidenciaron que los frutos de las poblaciones provenientes de Yehualtepec (CP651c) y Tecamachalco (CP656) generaron frutos más alargados y angostos que los

de Tlacotepec (CP642c) y Xochitlán (CP654c) donde predominan las formas triangulares; lo anterior parece indicar que en esa zona existen variantes dentro del tipo; sin embargo, será necesario el estudio de un mayor número de poblaciones para reforzar la información sobre el chile Copi de la región.

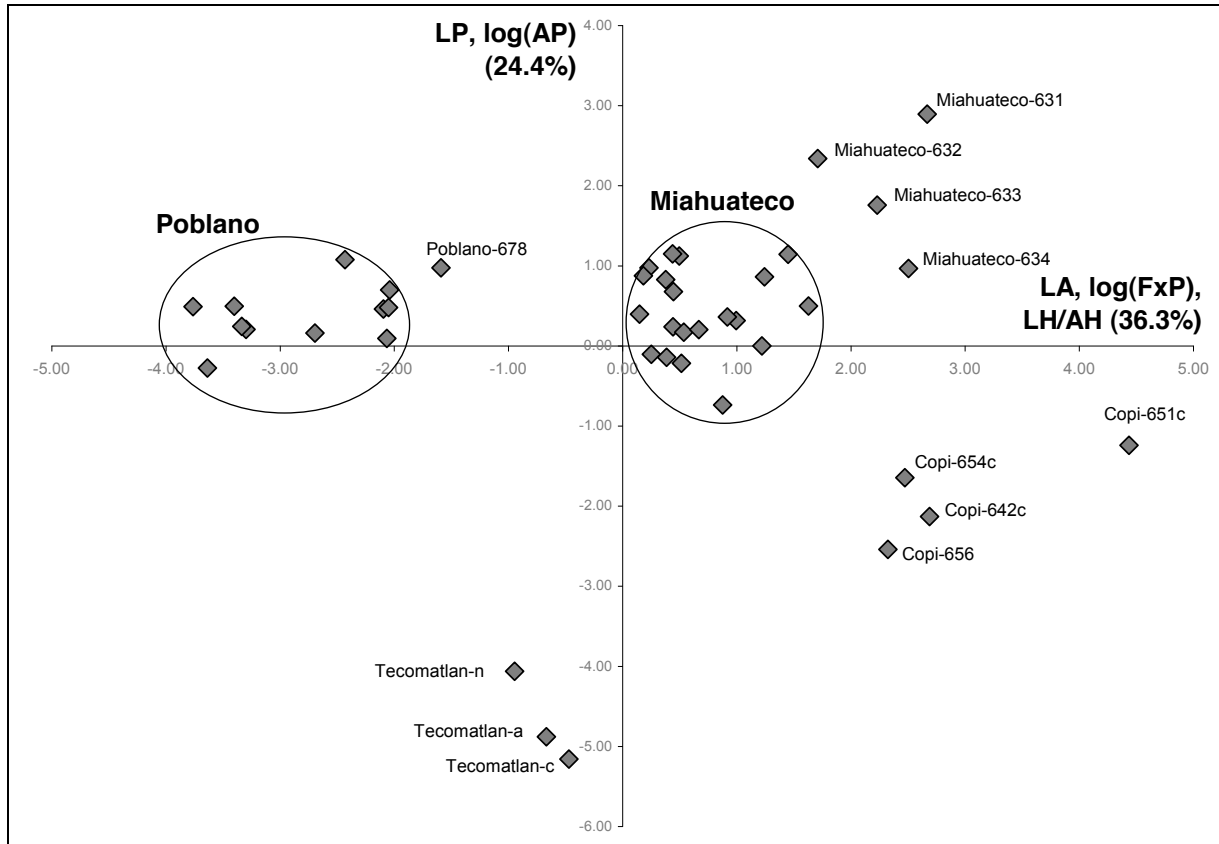


Figura 4. Dispersión de 43 poblaciones de chile criollo (*C. annuum*) del sur de Puebla, cultivadas en invernadero, en función del primer y segundo componentes principales de 11 características morfológicas cuantitativas (LA= Longitud de las anteras; Log(FxP)= Logaritmo en base 10 del Número de frutos por planta; LH/AH= Cociente entre longitud de hoja y ancho de hoja; LP= Longitud del pedicelo; Log(AP)= Logaritmo en base 10 de Altura de planta).

Los tipo Miahuateco se concentraron en el Cuadrante I, cercanos al origen, formando un grupo condensado con cuatro puntos ligeramente dispersos que corresponden a las poblaciones de Tepanco (CP631-CP634), que presentaron las hojas más alargadas, las plantas más altas, de hasta 100 cm en CP631 y los filamentos de mayor longitud, 6.8 mm en promedio. El resto de los materiales constituyeron un grupo contiguo caracterizado por presentar anteras entre 3.0 y 3.2 mm de longitud; plantas

entre 66 y 81 cm de altura; longitud de fruto de 7.9 a 10.6 cm y longitud de hoja de 6.97 a 9.53 cm.

Las poblaciones del tipo Poblano se ubicaron en el Cuadrante II por presentar anteras de menor longitud (2.3 – 2.9 mm) y un número menor de frutos por planta con respecto a los otros tipos, aunque en cuanto a LP (4.0 cm) y AP (70.2 cm) sus valores fueron semejantes al tipo Miahuateco (4.3 y 73.6 cm, respectivamente). En particular, CP678 provenientes de San Matías Tlalancaleca sobresale por sus frutos de mayor longitud (12.2 cm), mientras que el resto sigue un patrón de continuidad morfológica entre 10.3 y 11.9 cm de longitud de frutos y hojas de 5.7 a 7.2 cm de largo.

El resultado del análisis de conglomerados apoya de manera general la dispersión de los tipos previamente observada en componentes principales. Se pudieron reconocer seis grupos e identificar dos poblaciones aisladas a una distancia de corte de 3.2 (R^2 semiparcial= 0.0250; R^2 = 0.812; pseudo F= 21.7) (Figura 5). Las poblaciones de tipo Poblano CP677 y CP675 se presentan como unidades aisladas por haber presentado el mayor ancho de hoja (5.14cm) y la menor longitud de filamento (4.46 cm), respectivamente. Los miahuatecos pueden separarse en dos grupos ubicados en la parte superior del dendrograma; en primer lugar el grupo m-I, caracterizado por las mayores alturas de planta y el Miahuateco CP631 por el mayor largo de la hoja (10.8cm); el siguiente grupo puede subdividirse en dos subgrupos: m-II, donde se concentran la mayoría de las poblaciones del tipo que mostraron valores intermedios en las características evaluadas y el subgrupo m-III con poblaciones cuyos frutos tuvieron pedicelos más cortos y generaron menor número de frutos por planta (Cuadro 8). En cuanto a la cuantificación del número de frutos cabe aclarar que estos resultados pueden diferir del comportamiento en campo, ya que los agricultores acostumbran realizar varias cosechas o cortes, tanto en estado de fruto verde como una vez que alcanzan la madurez. Esta práctica estimula el “amarre” de otras flores y en consecuencia mayor producción de frutos.

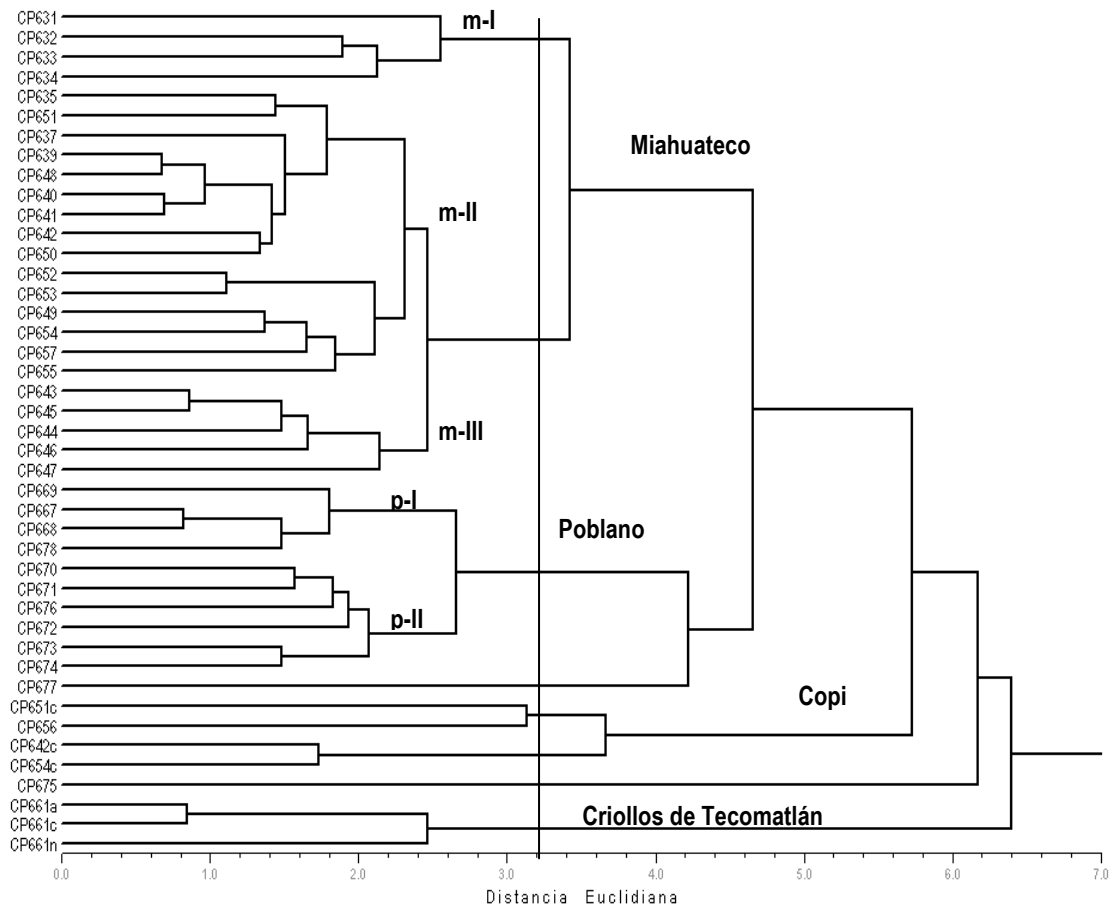


Figura 5. Dendrograma de 43 poblaciones de chile criollo (*C. annuum*) de Puebla cultivadas en invernadero, por el método de agrupamiento UPGMA con base en 11 características morfológicas cuantitativas (Longitud de la corola, longitud de las anteras, longitud del filamento, logaritmo en base 10 de Altura de planta, longitud de la hoja, cociente entre longitud de hoja y ancho de hoja, longitud del fruto, cociente entre longitud del fruto y ancho del fruto, longitud del pedicelo, espesor de la pared del fruto y logaritmo en base 10 del número de frutos por planta).

La agrupación de los materiales miahuatecos sugiere una correlación con el lugar de población, ya que las poblaciones en m-I provienen de Tepanco y en m-III de Tlacotepec (Figura 1), que a pesar de ser municipios adyacentes, los materiales ahí colectados difieren en aspectos vegetativos y de fruto, lo cual sugiere que en estos municipios los agricultores han conservado o seleccionado cierta fracción de la diversidad del tipo miahuateco; en cambio en el resto de los municipios el flujo de germoplasma puede tener otra dinámica entre los productores de la zona e incluso con productores de otros municipios, por ejemplo con los de la zona de San Martín Texmelucan, como han hecho referencia los agricultores en comunicación personal.

El conjunto de chiles poblanos se separó por diferencia significativa en la longitud de pedicelo en dos subgrupos. El subgrupo p-I congregó a las poblaciones CP667, CP668, CP669, procedentes de San Martín Texmelucan y CP678 de San Francisco Tlálloc, una localidad cercana a este municipio pero perteneciente a San Matías Tlalancaleca. El subgrupo p-II agrupó a CP670, CP673 y CP674 de San Salvador el Verde y a CP671, CP672 y CP676 de San Matías Tlalancaleca. Tales agrupamientos podrían establecer la dinámica del intercambio de germoplasma entre los agricultores de dichas localidades, lo cual deberá apoyarse con trabajo de campo para determinar posibles núcleos de reserva genética.

Cuadro 8. Características cuantitativas de los grupos encontrados en el análisis de conglomerados de 43 poblaciones de chile criollo (*C. annuum*) de los tipos Miahuateco (m), Poblano (p), Copi y de Tecamatlán (T) del sur de Puebla, cultivadas en invernadero. Montecillo, Estado de México 2005.

Variable	Grupos						
	m-I	m-II	m-III	p-I	p-II	copi	T
FA	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
NP	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
LC	1.65 a [¶]	1.51 ab	1.51 ab	1.25 b	1.35 b	1.51 ab	1.30 b
LA	3.05 ab	3.08 ab	3.09 ab	2.84 bc	2.65 c	3.23 a	2.94 b
LF	6.80 a	6.19 ab	6.05 ab	6.12 ab	5.47 b	6.38 a	6.27 a
AP	95.03 a	73.68 b	73.23 b	73.75 b	68.41 b	76.61 b	54.77 c
LH	9.42 a	7.94 b	8.72 ab	6.04 c	6.57 c	6.89 c	4.92 d
AH	4.46 a	3.88 ab	4.28 a	3.39 b	3.81 ab	3.36 b	2.23 c
LH/AH	2.11 a	2.05 a	2.04 a	1.78 b	1.75 b	2.05 a	2.21 a
LFr	9.75 bc	9.66 bc	8.73 c	11.14 a	10.99 ab	10.21 ab	5.86 d
AFr	3.50 b	3.61 b	3.46 b	4.61 a	4.57 a	1.53 d	2.23 c
LFr/AFr	2.80 b	2.68 b	2.52 b	2.42 b	2.41 b	6.93 a	2.68 b
LP	4.30 a	4.37 a	3.91 b	4.04 a	3.92 b	3.92 b	3.21 c
EP	1.52 a	1.48 a	1.31 a	1.73 a	1.81 a	0.80 b	1.61 a
NL	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
FxP	6.5 c	6.5 c	4.8 cd	3.3 cd	3.3 d	24.8 a	13.3 b

FA= Flores por axila; NP= Número de pétalos; LC= Longitud de la corola; LA= Longitud de las anteras; LF= Longitud del filamento; AP= Altura de planta; LH= Longitud de la hoja; AH= Ancho de hoja; LH/AH= Longitud de hoja/Ancho de hoja; LFr= Longitud del fruto; AFr= Ancho de fruto; LFr/AFr= Cociente entre Longitud del fruto y Ancho del fruto; LP= Longitud del pedicelo; EP= Espesor de la pared del fruto; NL= Número de lóculos; FxP= Número de frutos por planta.

¶ Valores seguidos por la misma letra en filas, no muestran diferencia significativa (Tukey, 0.01).

Por otro lado, la forma de los frutos, dada por LFr/AFr y la presencia de cajete permitió diferenciar a los tipos Miahuateco y Poblano. Ambos tipos fueron clasificados por Laborde y Pozo (1984) dentro de los anchos; sin embargo, presentan diferencias en la relación LFr/AFr. En miahuatecos ésta fue de 2.4 a 3.2 y en poblanos de 2.2 a 2.6, lo cual indica mayor variación dentro del primer tipo, con presencia de frutos similares al Poblano y otros con frutos más alargados que exhibieron poco cajete; evidenciando así la posible introducción del tipo Poblano en las parcelas del Valle de Tehuacán.

La población CP639 proveniente de Tehuacán presentó la mayor longitud de fruto (10.58cm) y mayor relación LFr/AFr (3.17cm) por lo que posee características que lo ubican en la descripción del tipo (Laborde y Pozo, 1984) y junto con los materiales del grupo m-I pueden considerarse como una fuente de germoplasma que podría evaluarse agrónomicamente con fines de selección hacia el rescate del tipo por las características con las que lo asocian los agricultores de mayor edad. Contrario a lo que se esperaba,

los poblanos fueron más largos que los miahuatecos; tal hecho pudo deberse posiblemente al efecto ambiental y/o el manejo que se le dio al cultivo, ya que en el Valle de Tehuacán se han observado y colectado frutos de mayor tamaño.

En cuanto al resto de las poblaciones, los materiales Copi muestran diferencias significativas en el ancho y forma del fruto, espesor de la pared del fruto y número de frutos por planta con respecto a los demás tipos. Por otro lado, el chile Negro de Tecamatlán presentó dimensiones de flor y fruto mayores con respecto al Amarillo y Colorado de la misma procedencia, aunque comparten valores similares en el resto de las características.

Los resultados de ambos análisis indican que los tipos Miahuateco y Poblano comparten características cualitativas; sin embargo, difieren en aspectos cuantitativos que permiten delimitarlos. Los materiales criollos parecen encontrarse en proceso de erosión genética, generada principalmente por la problemática fitosanitaria del cultivo, lo cual orilla a los productores a buscar alternativas para mejorar su producción. Una de esas alternativas es la obtención de nuevo germoplasma sin una regulación sobre el origen del mismo, provocando un detrimento en las características que dan identidad a los tipos. Los materiales que se colectaron fueron identificados por los agricultores como miahuatecos; no obstante, la información obtenida en este trabajo no constata su identidad plena en algunos de ellos.

Respecto al tipo copi, cuyo origen o época de introducción al sistema de cultivo del Valle de Tehuacán son inciertos; presenta variación fenotípica que es necesario estudiar con un mayor número de representantes de la zona e incluso de otras regiones productoras con materiales similares. Finalmente, los chiles criollos de Tecamatlán provienen de semilla preservada y seleccionada por los agricultores de la comunidad donde se cultivan, por lo que son una reserva de genes que debe conservarse y utilizarse de manera sustentable, tomando en cuenta el aprecio que tradicionalmente les tienen los consumidores que los conocen e incluso los que tuvieron que migrar a otras partes del país o incluso al extranjero.

La variación existente en los municipios explorados puede ser mejorada por los agricultores con base en estrategias que permitan cuantificar y catalogar la diversidad

que poseen y promover al mismo tiempo la protección de tales recursos fitogenéticos para su beneficio, ya que los agricultores mismos señalan que existe el temor a perder la tradición de cultivar chile Poblano debido a la eventual pérdida de su semilla, la cual había sido mantenida durante 300 años (Rodríguez *et al.*, 2007).

La caracterización morfológica aquí presentada sirve como base para el reconocimiento de la diversidad y sus variantes. Estudios sucesivos permitirán ampliar el conocimiento de este material y promover la selección e inclusión de ellos en un programa que conduzca a la generación de material promisorio para cada región en particular. Aunado a ello, debe integrarse información sobre la sanidad de los materiales y su resistencia a enfermedades, ya que debido a la alta incidencia de la “secadera”, que es causada por un complejo de hongos fitopatógenos, la conservación del recurso fitogenético en las regiones productoras del estado de Puebla, como el Valle de Tehuacán y San Matías Tlalancaleca, es incierta.

CONCLUSIONES

En las 43 poblaciones de chile criollo del sur del estado de Puebla, existe variabilidad considerable en aspectos vegetativos como el hábito de crecimiento y tamaño de hojas; en aspectos florales como su posición, la forma y longitud de corola; y en el tamaño, forma y coloración de los frutos. Tal diversidad está constituida por los tipos de chile denominados por su reconocimiento en el sitio como: Miahuateco, Poblano, Copi y criollos de Tecomatlán, sin embargo la identidad de cada uno de ellos debe esclarecerse con el fin conservarla y aprovecharla en programas de conservación y fitomejoramiento, dependiendo de las preferencias y potencial de cada tipo de chile en la región estudiada.

LITERATURA CITADA

- Aguilar R., V. H., T. Corona T., y S. H. Morán B. 2006. Chiles nativos (*Capsicum* spp., Solanaceae) de los estados de Puebla y Morelos. *In: Avances de investigación de la red de hortalizas del SINAREFI*. López L., P., y S. Montes H. (eds). Libro Científico Núm. 1. Campo Experimental Bajío INIFAP. Celaya, Guanajuato, México. pp: 28-58.
- Basu, S. K., and A. K. De. 2003. *Capsicum*: Historical and Botanical perspectives. *In: Capsicum*. The genus *Capsicum*. De, A. K. (ed). Taylor and Francis. London. pp: 1-15.
- Chávez S., J. L. 1999. Diversidad morfológica e isoenzimática del chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.) en México. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 138 p.
- Chávez S., J. L., J. Tuxill, y D. I. Jarvis (eds). 2004. Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia. 255 p.
- Corona T., T. 2000. Diversidad morfológica, isoenzimática y de contenido de ADN nuclear en chile (*Capsicum annum* L. y *C. chinense* Jacq.) de México. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 127 p.
- De, A. K. 2003. *Capsicum*. The genus *Capsicum*. Taylor and Francis. London. 256 p.
- Hernández C., C. F. 2000. Estudio de la diversidad de cinco morfotipos de chiles (*C. annum* y *C. chinense*) a nivel de biología floral en Yucatán. Tesis de Licenciatura. ITA No 2. Conkal, Yucatán, México. 49 p.
- Hernández V., S., A. P. Dávila, y K. Oyama. 1999. Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. Boletín de la Sociedad Botánica de México 64: 65-84.
- IPGRI, AVRDC y CATIE. 1995. Descriptores para *Capsicum* (*Capsicum* spp.). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Centro Asiático para el Desarrollo y la Investigación relativos a los Vegetales y Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. Roma. Italia. 144 p.
- Laborde C., J. A., y O. Pozo C. 1984. Presente y pasado del chile en México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Publicación Especial No. 85. Instituto Nacional de Investigación Agrícola (SARH-INIA). México. 80 p.

- Loaiza F., F., K. Ritland, J. A. Laborde C., and S. D. Tanksley. 1989. Patterns of genetic variation of the genus *Capsicum* (Solanaceae) in Mexico. *Plant Systematics and Evolution* 165: 159-188.
- López L., P. y S. Montes H. (eds). 2006. Avances de investigación de la red de hortalizas del SINAREFI. Libro Científico Núm. 1. Campo Experimental Bajío INIFAP. Celaya, Guanajuato, México. 466 p.
- Martínez V., R. 2000. Estudio morfológico de 34 poblaciones de chile (*Capsicum annum* y *C. chinense*) en Yucatán. Tesis de Licenciatura. ITA No 2. Conkal, Yucatán. 44 p.
- Morán B., S. H. 2003. Diversidad morfológica e isoenzimática en poblaciones de chile (*Capsicum annum* L.) en Yucatán, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México. 130 p.
- Pérez P., M. 2000. Exploración de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum* spp.) regionales en una comunidad de Yucatán, México. Tesis de Licenciatura. ITA No. 2. 64 p.
- Perry, L., and K. V. Flannery. 2007. Precolumbian use of chili peppers in the Valley of Oaxaca, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104:11905-11909.
- Pozo, C. O., S. Montes H., y E. Redondo J. 1991. Chile (*Capsicum* spp.) *In*: Avances en el Estudio de los Recursos Fitogenéticos de México. Ortega P., R., G. Palomino H., F. Castillo G., V. A. González H. y M. Livera M. (eds). Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. Chapingo, México. pp: 217-237.
- Rodríguez, J., B. V. Peña O., A. Gil M., B. Martínez C., F. Manzo, y L. Salazar L. 2007. Rescate *in situ* del chile 'Poblano' en Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30:25-32.
- Rohlf, J. F. 1993. NTSYS-pc (version 1.8). Numerical taxonomy and multivariate analysis system. Stony Brook, N.Y. USA.
- SAS Institute. 1999. SAS/STAT. User's Guide. Version 8, Vol. 1-5. SAS Publishing. Cary, N.C. 3848 p.

CAPITULO II. CAPSAICINOIDES EN CHILES CRIOLLOS DEL SUR DE PUEBLA, MÉXICO*

CAPSAICINOIDS IN CHILLI PEPPER LANDRACES OF SOUTHERN PUEBLA, MEXICO

Sara Hirán Morán Bañuelos¹, Víctor Heber Aguilar Rincón¹, Tarsicio Corona Torres¹, Fernando Castillo González¹, Ramón Marcos Soto Hernández² y Rubén San Miguel Chávez²

RESUMEN

Los recursos genéticos del chile son de gran importancia desde el punto de vista alimenticio y farmacéutico por ser la fuente natural de capsaicinoides. Estos compuestos confieren el sabor picante a los frutos y, de acuerdo a su concentración, se clasifican por su grado de picor; sin embargo, hay escasos reportes sobre la variación de esta característica en los diversos chiles criollos cultivados por agricultores tradicionales en México. Por lo tanto, con el objetivo de determinar los contenidos de capsaicina y dihidrocapsaicina en 22 poblaciones colectadas en nueve municipios del sur de Puebla, se realizó la extracción de la oleorresina de frutos secos en cada población y los extractos filtrados se analizaron por medio de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Todos los chiles estudiados pertenecen a la especie *Capsicum annuum* y son de los tipos Miahuateco, Poblano, Copi y Criollos de Tecamatlán. Los resultados indican que el contenido de capsaicina fue mayor que el de dihidrocapsaicina, excepto en dos poblaciones provenientes de los Municipios de Tlacotepec y Texmelucan. Se presentó variación en el contenido de capsaicinoides entre y dentro de los tipos de chile. En el tipo Copi el contenido de capsaicina por gramo de chile seco varió de 36.86 a 556.78 $\mu\text{g g}^{-1}$ y de dihidrocapsaicina de 30.54 a 348.26 $\mu\text{g g}^{-1}$. El tipo Miahuateco mostró contenidos de 21.54 a 158.07 $\mu\text{g g}^{-1}$ y de 19.54 a 99.24 $\mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente. La población de chile Copi CP654cl, proveniente de Xochitlán, tuvo los valores mayores para ambos alcaloides. La

* En proceso editorial en la Revista Agrociencia.

Programa de Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética¹ y Recursos Naturales². Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Carr. México- Texcoco, Km. 36.5. C.P. 56230. Montecillo, Edo. de México. Tel. (595) 952-02-00 Ext. 1588 y Fax: (595) 952-02-62 (shiran@colpos.mx).

variación observada sugiere que existen materiales con potencial para seleccionarse hacia distintos grados de picor de acuerdo a su demanda u objetivos de uso.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, capsaicina, dihidrocapsaicina, chile Miahuateco, chile Copi, criollos de Tecomatlán.

INTRODUCCIÓN

Los frutos de chile o ají (*Capsicum* spp.) son relevantes en la alimentación debido a su tradicional consumo en fresco y como condimento. Poseen la capacidad singular de sintetizar y acumular capsaicinoides, un grupo de alcaloides responsables del sabor picante, los cuales se localizan principalmente en el tejido de la placenta adyacente a las semillas (De, 2003; Ben-Chaim *et al.*, 2006). Su contenido varía dependiendo del genotipo, la madurez del fruto y las condiciones de cultivo (Zewdie y Bosland, 2000). Los principales capsaicinoides son: nornorcapsaicina, norcapsaicina, capsaicina, homocapsaicina, nornordihidrocapsaicina, nordihidrocapsaicina, dihidrocapsaicina, y homodihidrocapsaicina; sin embargo, la capsaicina (CAP, N-[(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)methyl]-8-methyl-6-nonenamide) y la dihidrocapsaicina (DH, N-[(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)methyl]-8-methylnonanamide) son los responsables de más del 90 % del picor (Betts, 1999; Manirakiza *et al.*, 2003).

Aunado al uso alimenticio, también se ha mostrado que los capsaicinoides poseen propiedades de tipo analgésico, anti-inflamatorio, antioxidante e incluso virtualmente anticancerígeno al inhibir el “crecimiento dependiente de andrógenos” en células cancerígenas de seno, colon, adenocarcinoma gástrico y de próstata (Djamgoz y Isbilen, 2006; Mori *et al.*, 2006).

El potencial de los chiles como fuente de capsaicinoides en la industria farmacéutica ha promovido su estudio fitoquímico; sin embargo, la investigación se ha enfocado a variedades mejoradas de diversos tipos de chile (Sathiyamurthy *et al.*, 2002; Kumar *et al.*, 2003), siendo las de mayor interés las de tipo “habanero” (*C. chinense* Jacq.) por ser identificado como el de mayor contenido de estos alcaloides. Para la variedad Red Savina Habanero se reportan

577,000 Unidades Scoville de Picor (USP), aunque recientemente se ha reconocido a la variedad Naga Jolokia (*C. chinense*) de India como el chile más picante, con más de 1,000,000 USP, lo que equivale aproximadamente a 66,000 mg kg⁻¹ (Frontal Agritech, 2007). No obstante, las poblaciones en el área de origen y domesticación, por su variabilidad, pueden presentar una mayor amplitud en los niveles de capsaicinas; pero, los estudios al respecto aún son escasos.

En el estado de Yucatán se ha estudiado la diversidad en contenido de capsaicinoides entre los morfotipos de chile nativos de las especies *C. chinense* y *C. annuum* (Alpizar *et al.*, 2002; Cázares *et al.*, 2005; Casanova *et al.*, 2006) sugiriendo que dicha variación está determinada por características del fruto, condiciones climáticas y prácticas de cultivo propias de cada localidad; asociadas a su vez con la selección, multiplicación e intercambio tradicional de semillas, así como con el uso culinario de cada tipo de chile, dado que los consumidores son capaces de identificar las características organolépticas de su preferencia.

Dentro de la diversidad biológica del chile en México, los tipos de mayor producción son serrano, de árbol, jalapeño, guajillo, pasilla, ancho, piquín, habanero y manzano, principalmente (Laborde y Pozo, 1984; Hernández *et al.*, 1999). Sin embargo, existe a lo largo del territorio un amplio grado de variación en otro conjunto de chiles criollos, de los cuales se requiere precisar y documentar su distribución geográfica, además de estudiar su diversidad genética. En el caso de los chiles del Estado de Puebla, Aguilar *et al.* (2006) encontraron que en la región comprendida entre el municipio de Miahuatlán y el de Tecamachalco predomina el cultivo bajo riego, con germoplasma de diversos orígenes, ya que existe flujo de germoplasma en etapa de almacigos e identificaron chiles anchos de tipo Miahuateco que se diferencian del tipo Poblano por tener frutos más angostos, con cajete menos acentuado y probablemente más picosos.

Adyacente al Miahuateco reportan el cultivo del chile Copi, que tiene forma alargada y se utiliza en seco para la preparación de salsas. Por otro lado, en Tecamatlán se cultivan bajo temporal y en terrenos pedregosos de baja profundidad, tres tipos de chile que por su color del fruto en estado maduro se identifican como: amarillo, colorado y negro. Dichas variantes han

mantenido su identidad a pesar de cultivarse de manera asociada, debido posiblemente a sus diferencias en precocidad. Cada uno de los tipos mencionados son ingredientes substanciales de platillos tradicionales locales, y hay variación en preferencia sobre el sabor y picor; algunos consumidores prefieren los más picosos, mientras que otros se inclinan por los de menor picor, aunque no se ha realizado un estudio fitoquímico que apoyara la selección hacia diferentes niveles de esta característica.

Por lo tanto, considerando la importancia de este recurso genético y las ventajas que ofrece la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) en cuanto a precisión y eficiencia, con respecto a la aplicación de procedimientos organolépticos (Karnka *et al.*, 2002; Kurian y Starks, 2002), se estableció como objetivo del presente trabajo el estudiar la diversidad del chile del sur del estado de Puebla en base a la cuantificación de los principales capsaicinoides.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

A partir del germoplasma colectado en nueve municipios del sur del estado de Puebla, México, en el ciclo agrícola primavera-verano 2004 (Cuadro 1). En el siguiente año se establecieron en condiciones de invernadero 22 poblaciones de chile criollo de la especie *Capsicum annuum* L. en Montecillo, Texcoco, Estado de México, de los cuales 15 fueron del tipo Miahuateco, tres del Copi, tres de criollos de Tecamatlán (Amarillo, Colorado y Negro) y una de chile Poblano-Mulato (Aguilar *et al.*, 2006). Los frutos se cosecharon en estado de madurez y se secaron a temperatura ambiente.

Extracción de capsaicinoides

El pericarpio y la placenta de 10 frutos provenientes de diferentes plantas dentro de cada población se pulverizaron y homogeneizaron en presencia de N₂ para conservar la desnaturalización del material vegetal. El polvo obtenido se almacenó en ausencia de luz hasta su análisis. Se realizaron dos extracciones por población, depositando para cada una 0.5 g de chile pulverizado junto con 5 mL de acetonitrilo grado HPLC en tubos de vidrio. Los tubos se mantuvieron en baño de agua a 60 °C durante 5 horas, con agitación vigorosa cada 30 minutos. El sobrenadante se llevó a temperatura ambiente y se filtró por duplicado una

alícuota de 2 mL, a través de acrodiscos de 25 mm de diámetro y poro de 0.45 μm (Millipore Co.). Los extractos filtrados se colocaron en viales de vidrio de 2 mL y se mantuvieron en ausencia de luz. Se obtuvieron en total cuatro muestras por población, dos de cada extracción.

Cuadro 1. Tipo, origen y características de fruto de 22 poblaciones de chile del sur de Puebla establecidas en invernadero en Montecillo, Estado de México en 2005, y evaluadas para contenido de capsaicinoides.

Nombre local	Municipio	Población	Características del fruto [†]				
			Largo (cm)	Ancho (cm)	Forma	Color	
Miahuateco	Tepanco	CP631	10.2	4.4	T	m	
		CP632	12.2	4.5	T	m	
		CP633	10.8	4.8	T	m	
		CP634	10.8	3.9	T	m	
		CP635	12.1	4.3	T	m	
	Tehuacán	CP637	9.3	3.8	T	m	
		CP639	8.9	3.9	T	m	
	Miahuatlán	CP640	9.6	3.6	T	m	
		CP641	9.3	3.5	T	m	
	Tlacotepec	CP642	9.2	3.4	T	m	
		CP643	10.0	4.2	T	m	
		CP644	9.3	4.3	T	m	
		CP654	10.4	4.8	T	m	
	Yehualtepec	Xochitlán	CP655	12.2	4.4	T	m
		Tecamachalco	CP657	9.2	4.2	T	m
CP656		11.2	1.3	E	r		
Copi	Xochitlán	CP654cl	10.8	1.3	E	r	
	Xochitlán	CP654c	7.7	2.1	E	r	
	Tecomatlán	CP661c	5.7	2.0	T	ro	
Colorado	Tecomatlán	CP661a	5.8	2.0	T	na	
Amarillo	Tecomatlán	CP661n	6.1	2.7	T	n	
Negro	Texmelucan	CP658	9.2	4.1	T	m	
Mulato							

[†] En estado maduro y seco. T = triangular, E = elongado, m = marrón, r = rojo, ro = rojo oscuro, na = naranja y n = negro.

Cuantificación de capsaicinoides

Las muestras se analizaron en un Cromatógrafo de Líquidos de Alta Resolución (HPLC) Hewlett Packard serie 1100, equipado con un muestreador automático (Agilent serie 1200 mod. G1329A) y un detector de arreglo de diodos al que se le acondicionó una columna C₁₈ con partículas de 5 μm de diámetro (Waters Spherisorb ODS, Sigma Co.), 150 mm de longitud y 4.7 mm de diámetro. El aparato se calibró a 202 nm de absorbancia, ya que en el análisis previo del espectro de absorbancia del estándar capsaicina:dihidrocapsaicina, 65:35

(Natural Capsaicin, Sigma Co.) se había detectado a esta longitud de onda el pico máximo (Figura 1), coincidiendo así con Mathur *et al.* (2000), quienes hicieron sus lecturas a 201 nm. Se inyectaron 20 μL de cada muestra, filtrados previamente a través de una membrana de nylon con poro de 0.45 μm y 47 mm de diámetro (Millipore Co.). El tiempo de análisis fue de 5 min y la fase móvil consistió en acetonitrilo y solución amortiguadora de fosfato de potasio monobásico 35mM en proporción 65:35, con flujo isocrático de 1.7 mL min^{-1} a 28 $^{\circ}\text{C}$.

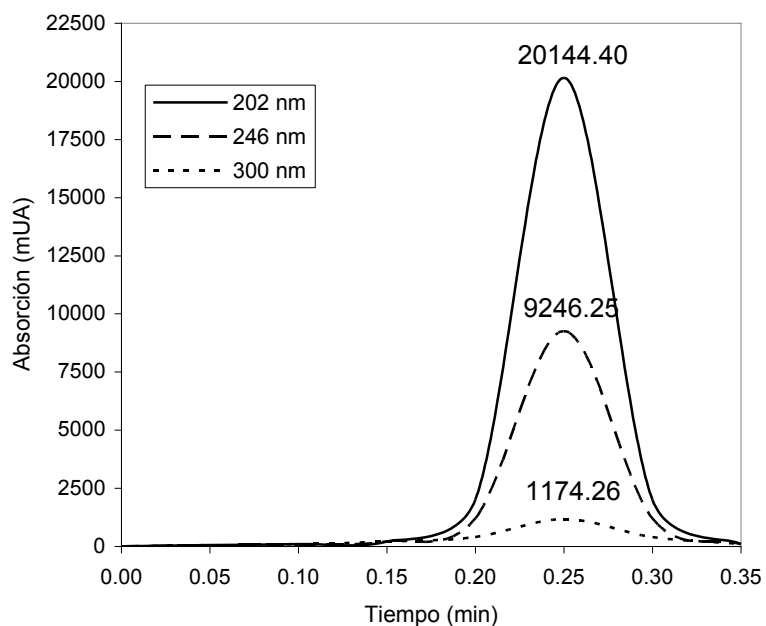


Figura 1. Máximos de absorción (mUA) para capsaicina natural (Sigma Co.) en metanol, detectadas a $\lambda = 202, 246$ y 300 nm en HPLC (HP serie 1100) con detector de arreglo de diodos y fase móvil acetonitrilo:amortiguador de KH_2PO_4 35mM (65:35) a 1.7 mL min^{-1} en columna C_{18} .

Para la identificación y cuantificación de capsaicina y dihidrocapsaicina se utilizó el método de estándar externo; se preparó una serie de soluciones con diferente concentración de los compuestos puros 8-methyl-N-vanillyl-6-nonenamide (Capsaicin, Sigma Co.) y 8-methyl-N-vanillylnonanamide (Dihydrocapsaicin, Sigma Co.); las concentraciones fueron 0.0016, 0.003, 0.006, 0.012 y 0.024 mg mL^{-1} en metanol grado HPLC. Con las lecturas obtenidas en cada serie de soluciones estándar para áreas de pico de absorción y concentración de

capsaicinoide, se estimaron las ecuaciones de regresión (Cuadro 2) que permitieron obtener el contenido de estos compuestos en las muestras analizadas.

Cuadro 2. Tiempos de retención promedio, ecuación de regresión lineal y coeficiente de correlación para contenidos de capsaicina (CAP) y dihidrocapsaicina (DH).

Concepto	CAP	DH
Regresión lineal	$y = 5157.2413x + 90.1305^\dagger$	$y = 5523.2051x + 50.0748$
Coefficiente de correlación	0.996	0.996
Tiempo de retención (min)	1.7	2.0

[†] y = Área bajo la curva en miliunidades de absorbancia por minuto (mUA min⁻¹); x = mg de capsaicinoide por mililitro (mg mL⁻¹).

El contenido de capsaicinoides se estimó mediante la suma del contenido de capsaicina y dihidrocapsaicina y se transformó a Unidades Scoville de Picor con base en la relación 1 µg de capsaicinoides totales que equivale a 15 Unidades Scoville de Picor (AOAC, 1998). La información obtenida se sometió a un análisis de varianza con base en un modelo lineal correspondiente al diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Las diferencias entre tipos y entre poblaciones dentro de tipo se compararon con la prueba de Tukey ($P \leq 0.01$), utilizando el programa computacional SAS versión 8.0 (SAS Institute, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cromatogramas obtenidos permitieron identificar los máximos de absorción de capsaicina (CAP) y dihidrocapsaicina (DH) con tiempos de retención promedio de 1.745 ± 0.013 y 2.161 ± 0.019 min, respectivamente; cercanos a los encontrados por Kurian y Starks (2002) de 1.87 y 2.38 min, respectivamente, quienes utilizaron como fase móvil una solución de metanol 60 %: agua 20 %: acetonitrilo 20 %. Se registraron una serie de señales adicionales que no fueron identificados, aunque es probable que correspondan a otros tipos de capsaicinoides susceptibles de ser reconocidos utilizando otros estándares externos (Figura 2 del Apéndice). Los resultados obtenidos para ambos capsaicinoides presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.01$) entre poblaciones; así como para la descomposición de la variación entre tipos y entre las poblaciones dentro de cada tipo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza para capsaicina, dihidrocapsaicina ($\mu\text{g g}^{-1}$) y picor en 22 poblaciones de cuatro tipos de chile provenientes de Puebla, México.

Fuente de Variación	GL	CAP	DH	USP
Tipos	3	149 915.23**	59 477.89**	92 758 272.5**
Poblaciones/Tipos	18	35 401.38**	41 601.73**	18 356 291.4**
Miahuatecos	14	5 101.18**	1 675.62**	2 819 071.4**
Copi	2	280 719.58**	92 541.19**	1 447 496.9**
Criollos de Tecamatlán	2	2 184.58**	144.99**	772 625.6**
Mulato	0	-	-	-
Error	67	417.39	329.40	274 368.4

GL = grados de libertad; CAP = capsaicina; DH = dihidrocapsaicina; USP = Unidades Scoville de Picor; **= significativo ($p \leq 0.01$).

De manera general se observa una amplia variación entre las poblaciones, dado que los contenidos de CAP se ubicaron en el intervalo de 21.54 a 556.78 $\mu\text{g g}^{-1}$ y los de DH entre 19.54 y 348.26 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Cuadro 4). Los valores máximos para ambos compuestos se registraron en la población de chile Copi CP654cl de Xochitlán y los valores mínimos en la población de chile Miahuateco CP639 de Tehuacán. Considerando los contenidos de CAP y DH registrados en todas las poblaciones se observa una alta correlación ($r = 0.98$) entre ellos, dada por la ecuación: $dh = 7.8 + (0.6 c)$, donde dh y c representan los contenidos respectivos; de modo que en la mayoría de los casos el contenido de capsaicina fue mayor que de dihidrocapsaicina, excepto para CP643 y CP658, en los cuales la proporción relativa entre ambos compuestos fue de 1:1.05 y 1:1.68, respectivamente (Cuadro 4). Proporciones relativas semejantes se han observado por Cázares *et al.* (2005) de 1:1.5 y 1:1.8 en poblaciones del tipo Sukurre y Bobo que también pertenecen a la especie *C. annuum*. Manirakiza *et al.* (2003) señalan que para *C. annuum* la variación se ubica cercana a la proporción 1:1, en tanto que para *C. frutescens* L. es de 2:1; por otro lado, Cruz (2007)³ observó una mayor contenido de DH en muestras de *C. pubescens*.

Los contenidos de CAP y DH en promedio por tipos, muestran que el Copi es el de mayores contenidos y el más picante por sus USP; mientras que para CAP Miahuateco y Tecamatlán son semejantes y el Mulato es el de menor contenido. Para DH y USP, las poblaciones de Miahuateco, criollo de Tecamatlán y Mulato forman un grupo de significancia

³ Cruz P., A. B. 2007. Capsaicinoides, antioxidantes y análisis molecular de chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.) mediante RAPDs. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 74 p.

por debajo de Copi (Cuadro 4). En particular, dentro de Miahuateco se pudo apreciar mayor variación en ambos capsaicinoides; para CAP desde 21.54 $\mu\text{g g}^{-1}$ en CP639, proveniente de Tehuacán hasta 158.07 $\mu\text{g g}^{-1}$ en CP655 de Xochitlán, este último significativamente mayor que el resto de las poblaciones dentro de su tipo. Del mismo modo, el intervalo de la variación para contenido de DH estuvo limitado por las poblaciones CP639 con 19.54 $\mu\text{g g}^{-1}$ y CP655 con 99.24 $\mu\text{g g}^{-1}$. El material CP641 de Miahuatlán también mostró contenidos de CAP y DH significativamente más altos que la mayoría de las poblaciones del tipo Miahuateco.

Cuadro 4. Contenido de capsaicina (CAP), dihidrocapsaicina (DH), proporción entre ellas (CAP:DH) y Unidades Scoville de Picor (USP) para 22 poblaciones del sur de Puebla, de cuatro tipos de chile establecidas en invernadero en Montecillo, Estado de México 2005.

Población	CAP ($\mu\text{g g}^{-1}$)	DH ($\mu\text{g g}^{-1}$)	CAP:DH	USP ($\mu\text{g g}^{-1}$)
Miahuateco				
CP631	39.55 efg	37.49 de	1:0.95	1 155.60 ef
CP632	49.56 efg	34.96 de	1:0.71	1 267.80 def
CP633	64.45 cde	47.31 cd	1:0.73	1 676.40 cde
CP634	51.75 ef	34.11 de	1:0.66	1 287.90 def
CP635	57.88 def	43.45 cd	1:0.75	1 519.95 de
CP637	55.97 def	36.27 de	1:0.65	1 383.60 de
CP639	21.54 g	19.54 e	1:0.91	616.20 f
CP640	40.39 efg	34.52 de	1:0.85	1 123.65 ef
CP641	121.81 b	80.71 ab	1:0.66	3 037.80 b
CP642	82.84 cd	50.66 cd	1:0.61	2 002.50 cd
CP643	31.14 fg	32.73 de	1:1.05	958.05 ef
CP644	33.62 fg	30.48 de	1:0.91	961.50 ef
CP654	54.05 ef	35.86 de	1:0.66	1 348.65 def
CP655	158.07 a	99.24 a	1:0.63	3 859.65 a
CP657	91.98 c	65.25 bc	1:0.71	2 358.45 bc
Media	63.64 B	45.51 B		1637.18 B
Copi				
CP656	208.52 b	124.14 b	1:0.60	4 989.90 b
CP654cl	556.78 a	348.26 a	1:0.63	13 575.60 a
CP654c	36.86 c	30.54 b	1:0.83	1011.00 b
Media	267.39 A	167.65 A		6525.50 A
Criollos de Tecamatlán				
CP661c	39.94 b	30.94 b	1:0.77	1 063.20 b
CP661a	81.50 a	42.52 a	1:0.52	1 860.30 a
CP661n	42.21 b	33.85 ab	1:0.80	1 140.90 b
Media	54.55 BC	35.77 B		1354.80 B
Mulato				
CP658	29.45 C	49.48 B	1:1.68	1 183.95 B

Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.01$); las minúsculas para comparar entre poblaciones dentro de tipo y las mayúsculas para comparar entre tipos.

En el análisis de capsaicinoides de los chiles tipo Copi, el CP654cl proveniente de Xochitlán (556.78 y 348.25 $\mu\text{g g}^{-1}$) fue significativamente superior que CP654c del mismo origen (36.86 y 30.54 $\mu\text{g g}^{-1}$) y que CP656 de Tecamachalco, observándose en este caso en particular una relación entre el contenido de estos alcaloides con el largo y ancho de los frutos (Cuadros 1 y 4). En los criollos de Tecamatlán, el denominado localmente como Amarillo (CP661a) tuvo un contenido de capsaicinoides significativamente mayor que el resto, incluso para CAP fue superior en cerca del doble con respecto al Colorado CP661c. En comparación con todas las poblaciones evaluadas, el Amarillo presentó la mayor diferencia entre CAP y DH.

Con la suma del contenido de ambos capsaicinoides y su transformación a USP, se obtuvo una medida estimada del grado de picor de cada población (Cuadro 4) y dado que CAP y DH representan entre el 90-94 % del total de capsaicinoides, los resultados obtenidos son muy cercanos a la cantidad real. Al respecto se puede observar que con base en la escala de picor reportada por Ravishankar *et al.* (2003), los chiles analizados se ubican en su mayoría en un nivel moderado (0 a 5,000 USP) y sólo la población del tipo Copi CP654cl presentó un nivel medio de picor (5,000 a 20,000 USP).

Las poblaciones tipo Miahuateco mostraron una amplia variación en picor registrándose valores entre 616.20 a 3,859.65 USP, lo que las ubica dentro de los niveles atribuidos a diversos chiles: Jalapeño (3,500 a 4,500 USP), Poblano (2,500 a 3,000 USP), Pasilla (2,500 USP), Anaheim (1,000 a 1,400 USP) y Ancho (1,000 USP). Dicha variación puede asociarse con la diversidad del germoplasma que se cultiva y su dinámica, consistente en el flujo de materiales dentro de la región y la introducción de plántulas establecidas en otros municipios, como San Martín Texmelucan. La presencia de chiles Miahuatecos de bajo picor pudiera ser un indicativo de que ha disminuido la “pureza” del tipo, ya que los agricultores de mayor edad señalan que éste debe ser más picante que el chile Poblano. Al comparar el picor promedio del representante del tipo Poblano-Mulato CP658 (1,183.95 USP) con las poblaciones de tipo Miahuateco se observa que su picor sólo es superado por algunas de ellas, e incluso el picor del Miahuateco CP655 es mayor que el intervalo donde Ravishankar *et al.* (2003) ubican al Poblano.

A pesar de que el material utilizado provenía de frutos maduros secos y que el contenido de capsaicinoides pudiera haber disminuido en esta etapa como lo han señalado Estrada *et al.* (1999) y Cruz *et al.* (2007), los resultados dan indicios de que tanto en seco como en fresco existen materiales del tipo Miahuateco que pueden ser más picosos que el Poblano y al utilizarse como ingrediente principal para preparar “chiles rellenos” cubren la demanda de algunos consumidores por platillos con mayor picor.

Es probable que la falta de selección para mayor picor y la ausencia de control en el intercambio de germoplasma hayan favorecido la relativa frecuencia de materiales con el mismo o menor picor que el Poblano, lo cual deberá verificarse con un mayor número de poblaciones representativas de éste último tipo; al respecto y con base en la caracterización morfológica, Aguilar *et al.* (2006) han reportado en la zona de estudio la presencia tanto de materiales con las características típicas del Miahuateco, como de otro grupo que presenta atributos de ambos tipos, denominados Miahuatecos-Mulatos e incluso aquellos que se ajustan al tipo Poblano; señalan como posible causa la introgresión de chiles Mulatos a la región cultivada tradicionalmente con chile Miahuateco.

Por otro lado, dado que los chiles Copi se utilizan principalmente en estado maduro y seco para preparar salsas, los resultados aquí obtenidos son un indicativo de que el grado de picor que se consume en la región va de moderado a medio. La población CP654cl (13,575.60 USP) se ubica dentro del nivel de picor del Serrano (7,000 a 25,000 USP), en tanto que los menos picosos se ubican en un nivel inferior cercano al Poblano y Jalapeño (3,500 a 4,500 USP).

Finalmente, los chiles criollos de Tecamatlán conservan un grado de picor moderado similar al reportado para Anaheim (1,000 a 1,400 USP) y es probable que esta cualidad se haya mantenido así por generaciones, ya que los agricultores de la localidad han conservado el germoplasma nativo, evitando su mezcla con otros tipos de chile de mayor picor, y conservan también sus preferencias de uso: el amarillo con mayor picor es para preparar un platillo tradicional denominado “chilate” (Reyes, 1971⁴); el colorado se utiliza en estado fresco para

⁴ Reyes S., M. 1971. Monografía del Pueblo de Progreso, Piaxtla, Pue. (1828-1971). Inédito. 83 p.

la preparación de salsas; y finalmente, el negro en estado maduro y seco se usa para la preparación del “mole” típico de la zona.

De manera general, el cultivo de los chiles estudiados se restringe a las comunidades y regiones citadas; están poco estudiados y no se cuenta con variedades mejoradas de los mismos; se encuentran bajo erosión genética debido a su mezcla con otros chiles no picantes que demeritan su calidad genética y comercial, como es el caso del tipo Miahuateco y más drástico aún por la disminución del área cultivada, como en el Municipio de Tecamatlán. De modo que el estudio de su valor agronómico y cultural permitirá fomentar su uso y conservación.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que existe una amplia variación en el contenido de capsaicina y dihidrocapsaicina en los chiles criollos evaluados provenientes del sur del estado de Puebla. Destacaron los tipos Copi con un contenido de capsaicina de 36.86 a 556.78 $\mu\text{g g}^{-1}$, de dihidrocapsaicina de 30.54 a 348.26 $\mu\text{g g}^{-1}$, y con una variación de menor amplitud el tipo Miahuateco, con contenidos de 21.54 a 158.07 $\mu\text{g g}^{-1}$ y de 19.54 a 99.24 $\mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente para cada capsaicinoide. Dicha variación sugiere que existen materiales con potencial para seleccionarse hacia distintos grados de picor, lo cual permitiría cubrir un mercado con preferencias particulares en cuanto a esta característica.

LITERATURA CITADA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1998. Capsaicinoids in capsicums and their extractives. Liquid chromatographic method. Official Methods of Analysis of AOAC International V. 2. 43: 13-15.
- Aguilar R., V. H., T. Corona T., y S. H. Morán B. 2006. Chiles nativos (*Capsicum* spp., Solanaceae) de los estados de Puebla y Morelos. *In*: Avances de investigación de la red de hortalizas del SINAREFI. López L., P., y S. Montes H. (eds). Libro Científico Núm. 1. Campo Experimental Bajío INIFAP. Celaya, Guanajuato, México. pp: 28-58.
- Alpizar L., E., J. Trujillo A., y F. J. Herrera R. 2002. Determinación de capsaicinoides en chile habanero (*Capsicum chinense* Jaq.), colectados en Yucatán. *In*: Proceedings of the

- 16th Internacional Pepper Conference. November 10-12. Tampico, Tamaulipas, México. pp: 48-49.
- Ben-Chaim, A., Y. Borovsky, M. Falise, M. Mazourek, B. C. Kang, I. Paran, and M. Jahn. 2006. QTL Analysis for capsaicinoid content in *Capsicum*. *Theoretical and Applied Genetics* 113: 1481-1490.
- Betts, T. A. 1999. Pungency quantitation of hot pepper sauces using HPLC. *Journal of Chemical Education* 76: 240-244.
- Casanova C., C., L. Gutiérrez P., L. Torres T., S. Peraza S., y T. González E. 2006. Caracterización química y molecular de la pungencia de los chiles (*Capsicum* spp.) de Yucatán. *In: Memoria de la Tercera Convención Mundial del Chile*. 9-11 de julio. Chihuahua y Delicias, Chih., México. pp: 27.
- Cázares S., E., P. Ramírez V., F. Castillo G., R. M. Soto H., M. T. Rodríguez G., y J. L. Chávez S. 2005. Capsaicinoides y preferencia de uso en diferentes morfotipos de chile (*Capsicum annuum* L.) del Centro-Oriente de Yucatán. *Agrociencia* 39: 627-638.
- Cruz P., A. B., V. A. González H., M. A. Gutiérrez E., A. A. Gardea B., y M. Pérez G. 2007. Capsaicinoides, vitamina C y heterosis durante el desarrollo del fruto de chile manzano. *Agrociencia* 41: 627-635.
- De, A. K. 2003. *Capsicum*. The genus *Capsicum*. Taylor and Francis. London. 256 p.
- Djamgoz, M. B. A. and B. Isbilen. 2006. Dietary compounds as anti-cancer agents: a preliminary evaluation of ion channels and membrane excitability as possible target mechanisms. *Turkish Journal of Biochemistry* 31: 57-68.
- Estrada B., F. Pomar, J. Díaz, F. Merino, and M. A. Bernal. 1999. Pungency level in fruits of the Padrón pepper with different water supply. *Scientia Horticulturae* 81: 385-396.
- Frontal Agritech. 2007. [en línea]. Bih jolokia or Naga jolokia. Dirección URL: <http://www.frontalagritech.co.in/products/bihjolokia_gen.htm>. [Consulta: 10 de junio de 2007].
- Hernández V., S., A. P. Dávila, y K. Oyama. 1999. Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 64: 65-84.

- Karnka R., M. Rayanakorn, S. Watanesk, and Y. Veneesorn. 2002. Optimization of high-performance liquid chromatographic parameters for the determination of capsaicinoid compounds using the simplex method. *Analytical Sciences* 18: 661-665.
- Kumar, B. K., A. D. Munshi, S. Joshi, and C. Kaur. 2003. Note on evaluation of chilli (*Capsicum annuum* L.) genotypes for biochemical constituents. *Capsicum and Eggplant Newsletter* 22: 41-42.
- Kurian A. L., and A. N. Starks. 2002. HPLC analysis of capsaicinoids extracted from whole orange habanero chili peppers. *Journal of Food Science* 67: 956-962.
- Laborde C., J. A., y O. Pozo C. 1984. Presente y pasado del chile en México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Publicación Especial No. 85. Instituto Nacional de Investigación Agrícola (SARH-INIA), México. 80 p.
- Manirakiza, P., A. Covaci, and P. Schepens. 2003. Pungency principles in *Capsicum* – analytical determinations and toxicology. *In: Capsicum. The genus Capsicum*. De, A. K. (ed). Taylor and Francis. London. pp: 71-86.
- Mathur, R., R. S. Dangi, S. C. Dass, and R. C. Malhotra. 2000. The hottest chilli variety in India. *Current Science* 79: 287-288.
- Mori, A., S. Lehmann, J. O'Kelly, T. Kumagai, J. C. Desmond, M. Pervan, W. H. McBride, M. Kizaki, and H. P. Koeffler. 2006. Capsaicin, a component of red peppers, inhibits the growth of androgen-independent, p53 mutant prostate cancer cells. *Cancer Research* 66: 3222-3229.
- Ravishankar, G. A., B. Suresh, P. Giridhar, S. Ramachandra, and J. T. Sudhakar. 2003. Biotechnological studies on *Capsicum* for metabolite production and plant improvement. *In: Capsicum. The genus Capsicum*. De, A. K. (ed). Taylor and Francis. London. pp: 96-128.
- SAS Institute. 1999. SAS/STAT. User's Guide. Version 8, Vol. 1-5. SAS Publishing. Cary, N.C. 3848 p.
- Sathiyamurthy, V. A., D. Veeraragavathatham, and N. Chezhiyan. 2002. Studies on the capsaicin content in chilli hybrids. *Capsicum and Eggplant Newsletter* 21: 44-47.
- Zewdie, Y., and P. W. Bosland. 2000. Evaluation of genotype, environment, and genotype-by-environment interaction for capsaicinoids in *Capsicum annuum* L. *Euphytica* 111:185-190.

CAPITULO III. RESISTENCIA DE CHILES CRIOLLOS DEL SUR DE PUEBLA, MÉXICO A *Phytophthora capsici* LEO.

RESISTANCE OF CHILLI PEPPER LANDRACES OF SOUTHERN PUEBLA, MEXICO TO *Phytophthora capsici* LEO.

Sara Hirán Morán Bañuelos¹, Víctor Heber Aguilar Rincón¹, Tarsicio Corona Torres¹,
Emma Zavaleta Mejía²

RESUMEN

Se establecieron en invernadero dos ensayos para evaluar la resistencia a *Phytophthora capsici* de 29 poblaciones de chile de los tipos Miahuateco, Copi y de Tecamatlán colectadas en el sur de Puebla. Después de la inoculación se registraron, en doce ocasiones las variables: aparición, incidencia y acumulación de necrosis en la base del tallo y con una escala arbitraria se calificó el aspecto general de la planta; con las tres últimas variables se obtuvo el área bajo la curva del progreso de la enfermedad. Los análisis de varianza y comparación de medias entre ensayos y poblaciones permitieron clasificar a los materiales por su resistencia. En ambos ensayos la incidencia de necrosis fue mayor a 60 % dentro de cada población; la aparición de síntomas y acumulación de enfermedad fue significativamente menor en el segundo ensayo debido a factores ambientales. Las poblaciones que se clasificaron como susceptibles (90-100 % de incidencia) fueron de tipo Miahuateco y Copi (provenientes de Tlacotepec, Yehualtepec y Tecamachalco) y como medianamente resistentes los criollos de Tecamatlán (63.8-82.6 % de incidencia). Dada la variación en la respuesta observada, es factible que algunos materiales presenten mecanismos de defensa particulares que podrían ser explorados y aprovechados en programas de mejoramiento.

Palabras clave: secadera del chile, marchitez, resistencia genética, chiles criollos.

Programa de Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética¹ y Fitosanidad². Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Carr. México- Texcoco, Km. 36.5. C.P. 56230. Montecillo, Edo. de México. Tel. (595) 952-02-00 Ext. 1588 y Fax: (595) 952-02-62 (shiran@colpos.mx).

INTRODUCCIÓN

En todo el mundo el chile (*Capsicum* spp.) es afectado por la enfermedad conocida como marchitez o secadera, la que es producida por el complejo: *Phytophthora* spp., *Fusarium* spp., *Phytium* spp. y *Rhizoctonia solani* (Velásquez *et al.*, 2001; González *et al.*, 2002); sin embargo, la infección ocasionada por *P. capsici* es particularmente importante, ya que la planta atacada se vuelve vulnerable a ser invadida por *Alternaria* spp., *Colletotricum* spp. y *Verticillium* spp. Romero (1988) señala que *P. capsici* fue detectado inicialmente por Leonian en 1918 y a partir de entonces se ha reportado su presencia en otros hospedantes (Hausbeck y Lamour, 2004) y en diversas zonas del mundo; en México fue descubierto por Galindo en 1956 (Galindo, 1962; Laborde y Pozo, 1984; Erwin y Ribeiro, 1996).

El oomiceto se encuentra en el suelo y desde ahí sus zoosporas infectan las raíces o la base del tallo tanto en plántula como en etapa adulta, provocando una enfermedad que afecta a toda la planta. Cuando invade la raíz genera pudrición y un estrangulamiento en la base del tallo que bloquea el xilema e interrumpe el paso del agua, causando amarillamiento, tizón de hojas, defoliación rápida, pudrición de los frutos y finalmente la muerte de la planta (Galindo, 1984; Velásquez *et al.*, 2001; Redondo, 2002; Fueyo, 2006).

Aunque la enfermedad se encuentra presente en todo el mundo, aparece con más frecuencia en ambientes con temperaturas de 25 a 28 °C y alta humedad, esto debido a que sus propágulos son capaces de diseminarse en corrientes de agua. Puede ocasionar pérdidas del 60 al 100 % en la producción y desafortunadamente el control químico y cultural no han sido suficientes para controlar el problema (Rincón y Velásquez, 1999; González *et al.*, 2002). Diversos autores consideran que la resistencia genética es una alternativa sustentable para enfrentar el problema fitosanitario y a la vez reducir el uso de fungicidas y la degradación del suelo (Avelar y Montiel, 1992; Ogundiwin *et al.*, 2005).

Respecto a la búsqueda de resistencia, Redondo (1974) mencionan que en 1941 y bajo condiciones de invernadero se probaron 2,500 variedades y ninguna de ellas mostró la característica deseada; en 1966, Heredia (1966) reporta variedades resistentes a *P. capsici*

Leo. y en 1974 el INIA inició un programa de mejoramiento genético y estudios fitopatológicos tendientes a obtener variedades resistentes. Los avances a la fecha se limitan a la detección de fuentes de resistencia promisorias de los chiles criollos de Morelos y a la incorporación de su resistencia a otros materiales mejorados (Laborde y Pozo, 1984; Luján y Acosta, 2004), en tanto que el hallazgo de cultivares inmunes se ha considerado como poco probable (Alao y Alegbejo, 1999). Al respecto, diversos autores coinciden en señalar que las poblaciones de tipo criollo representan un reservorio de genes de resistencia a diversas enfermedades que debe ser explorado por medio de métodos que permitan identificar germoplasma con potencial (González *et al.*, 2002).

De manera particular, el estado de Puebla pertenece al Centro de Diversidad Mesoamericano, donde se llevó a cabo la diversificación de *Capsicum* y es posible que sea el centro de origen del tipo Poblano (*C. annuum* L.) (Laborde y Pozo, 1984). En la actualidad, se ha encontrado en este estado una amplia diversidad genética en materiales locales o criollos representada en los tipos: Ancho, Mulato, Miahuateco, Copi, Loco, criollos de Tecamatlán, Serranito (*C. annuum* L.) y Manzano (*C. pubescens* Jacq.) (Aguilar *et al.*, 2006). En los últimos años la alta incidencia de enfermedades del suelo ha provocado que el cultivo del chile Ancho, cuyo cultivo era predominantemente en Puebla, se haya desplazado hacia otras áreas, como la región Centro-Norte del país, que ocupa el primer lugar en producción (Marín *et al.*, 1992; Chávez *et al.*, 1995; Velásquez *et al.*, 2003; González *et al.*, 2004). Bajo estas consideraciones, el objetivo del presente fue estimar el grado de resistencia a *P. capsici* que poseen poblaciones de chile criollo del sur de Puebla de los tipos: Miahuateco, Copi y criollos de Tecamatlán y detectar germoplasma con potencial como fuente de resistencia genética, para su posterior incorporación a un programa de mejoramiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Durante el ciclo agrícola primavera-verano 2004 se exploraron ocho municipios del sur del estado de Puebla y se obtuvieron 29 poblaciones de chile criollo (*C. annuum* L.) denominados regionalmente como Miahuateco, Copi y de Tecamatlán (Amarillo, Colorado y

Negro) (Cuadro 1). En cada población se tomaron los frutos de 20 a 40 plantas aparentemente sanas de una parcela agrícola bajo cultivo tradicional. Con el germoplasma obtenido se establecieron dos ensayos en invernadero en un diseño completamente al azar con dos repeticiones, donde los tratamientos estuvieron constituidos por las poblaciones, representadas en cada unidad experimental por 10 a 30 plantas. El primer ensayo se estableció en el mes de Mayo de 2005 y el segundo en Agosto del mismo año.

Después de la siembra en almácigo, cuando las plántulas presentaron un tamaño de 15 cm aproximadamente se transplantaron a vasos de poliestireno de 1 litro de capacidad; como sustrato se usó una mezcla de suelo rico en materia orgánica previamente tratado bajo presión de vapor durante 2 horas y Peat Moss en relación 3:1.

Obtención del inóculo e inoculación

Como fuente de inóculo se utilizó el aislamiento 6413 de *P. capsici* altamente virulento obtenida de la Universidad de Nuevo México. El oomiceto se cultivó *in vitro* en medio esterilizado agar-jugo V8 a 29 °C durante 20 días; enseguida se sumergió en agua destilada estéril y se mantuvo a temperatura ambiente para promover la generación de esporangios. Siete días después se verificó la formación de dichas estructuras y el cultivo se incubó a una temperatura de 8 °C para inducir la liberación de zoosporas al medio acuoso, lo cual se monitoreó cada 15 minutos; una vez que se observó la liberación de zoosporas, se colectó el medio acuoso contenido en cada caja en un recipiente de vidrio; se homogeneizó y se cuantificó el número de zoosporas por mL con ayuda de un hematocitómetro.

Cuando las plantas exhibían ocho pares de hojas se inocularon con una suspensión de 100,000 zoosporas por planta. La suspensión se inyectó en el suelo cerca del tallo a una profundidad de 2 cm aproximadamente. Las macetas se regaron hasta saturación una hora antes y media hora después de la inoculación con el objetivo de crear un microambiente con alta humedad que facilitara la dispersión del inóculo y la infección de las plantas.

Cuadro 1. Localidades del sur del estado de Puebla donde se colectaron poblaciones de chiles criollos (*Capsicum annuum* L.) evaluadas para resistencia a *Phytophthora capsici* Leo.

Tipo	Municipio	Localidad	Población	
Miahuateco	Tepanco	Paraje Cruz Verde	CP631	
		Predio Tendidera	CP632	
		El Cuatillo	CP633	
		Rancho Tecajete, San Luis Calmacayucan	CP634	
		José Ma. Pino Suárez	CP635	
	Tehuacán	San Cristóbal Tepeteopan	CP637	
		Paraje Ixtlahuac, Cuayucatepec	CP639	
	Miahuatlán	Santiago Miahuatlán	CP640	
		Santiago Miahuatlán	CP641	
	Tlacotepec	Santo Nombre	CP642	
		El Zapote	CP643	
		El Zorrillal	CP644	
		Paraje Jaimes, Santo Nombre	CP645	
		Paraje Sabana	CP646	
		Rancho la Virgen	CP647	
		Pericotepec	CP648	
		Yehualtepec	Col. Benito Juárez, Ejido Rancho Chico	CP649
			San Pedro Ascona, Ejido Rancho Chico	CP650
	La Cañada, San Miguel Zozutla		CP652	
	San Gabriel Tetzoyocan		CP653	
	Xochitlán	Tetlahuacán	CP654	
		Monte Grande	CP655	
	Tecamachalco	San José, La Portilla	CP657	
	Copi	Yehualtepec	San Pedro Ascona. El Crucero	CP651
		Xochitlán	Tetlahuacan	CP654c
Tecamachalco		El Cortelaonce, Ejido Pino Suárez	CP656	
Criollos de Tecamatlán	Tecomatlán	San Miguel de Lozano	CP661a	
	Tecomatlán	San Miguel de Lozano	CP661c	
	Tecomatlán	San Miguel de Lozano	CP661n	

Evaluación de la enfermedad

La enfermedad se valoró a partir del quinto día después de la inoculación en el primer ensayo y a partir del cuarto en el segundo. Se registraron en doce ocasiones a intervalos de 48 horas los parámetros: incidencia (Y), representada como el porcentaje de plantas en cada población con necrosis en la base del tallo; longitud de necrosis en el tallo (N), medido en cm a partir del nivel del suelo, y se calificó la severidad de la enfermedad (S) con base en categorías nominales arbitrarias (Cuadro 2 y Figura 3 del Apéndice) del aspecto general de la

planta. Los días posteriores a la inoculación (dpi) requeridos para la acumulación del 50 % de incidencia se reportaron como DIn. La incidencia máxima de la enfermedad (Ymax) se calculó como el porcentaje de plantas enfermas por población, alcanzado al final de la prueba (25 y 26 dpi, respectivamente para cada ensayo). Se registró también el tiempo requerido por cada población para alcanzar la incidencia máxima de la enfermedad (DYmax) y la necrosis final (Nf), que representa la longitud en cm de la necrosis en la base del tallo, al final de la prueba. Por medio de un Análisis de Componentes Principales utilizando la matriz de correlaciones, se obtuvo la dispersión de las poblaciones con base en los resultados en estas variables.

Cuadro 2. Escala arbitraria de severidad (S) en plantas de chile de acuerdo a los síntomas que se describen.

Categoría	Descripción
0	Hojas y tallos turgentes
3	Hojas con pérdida de turgencia
5	Hojas marchitas y tallo con inclinación menor a 90°.
7	Hojas y tallo con pérdida de turgencia y tallo con inclinación mayor a 90°
9	Planta muerta

Se calculó la tasa de incremento de la enfermedad (r^*) a partir de los datos de incidencia y el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) por el método de integración trapezoidal para las variables Y (ABCPEi), N (ABCPE_n) y S (ABCPE_s). Estos parámetros caracterizan la respuesta de las poblaciones y están relacionados con la velocidad de avance del patógeno en la planta. Para obtener r^* se seleccionó entre los modelos: exponencial, monomolecular, logístico o Gompertz, el de mejor ajuste de acuerdo con Campbell y Madden (1990) tomando como criterio de selección al mayor coeficiente de determinación (r^2) y la significancia de los parámetros. Posteriormente la pendiente o tasa de crecimiento (b_i) de las curvas ajustadas de cada población fueron transformadas primero a la tasa absoluta media ponderada Rho, que se expresa: $Rho = r^*/(2m + 2)$, donde r^* adquiere los valores de la tasa de infección aparente de cada modelo y m es una constante que adquiere los valores de 0 para monomolecular, 1 Gompertz y 2 logístico, según sea el caso (Campbell y Madden, 1990). Finalmente, los parámetros r^* de cada población se estandarizaron al modelo que fue el más frecuente. Con los datos obtenidos se realizaron análisis de varianza y comparación de medias

(Tukey, $p=0.05$) entre poblaciones y ensayos, utilizando el paquete computacional SAS versión 8.0 (SAS Institute, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las poblaciones inoculadas con *P. capsici* mostraron síntomas de marchitez y desarrollaron necrosis en la base del tallo en más del 60 % de sus plantas; sin embargo, el avance de la enfermedad mostró una respuesta diferencial para la mayoría de los parámetros, lo cual puede deberse a que los materiales evaluados son poblaciones tipo criollo o variedades nativas que presentan variación genética para varios atributos, entre ellos la resistencia a enfermedades. El tiempo requerido para la aparición de necrosis en el 50 % de las plantas (DIn) en promedio fue más largo en la segunda evaluación, de 5.82 y 10.18 dpi para cada ensayo. Al comparar el comportamiento entre tipos se observa que en ambos ensayos la enfermedad se estableció en la mitad de las poblaciones Miahuateco y Copi en un tiempo más corto con respecto a las de Tecamatlán, en las que se observó un retraso en el avance del oomiceto durante las primeras etapas de infección, lo cual sugiere la posible presencia de uno o varios mecanismos de defensa para contrarrestar el inicio o avance de la enfermedad.

Dentro de los tipos Copi y de Tecamatlán se observa la misma tendencia entre sus representantes, ya que CP651, CP656, CP661a y CP661c tuvieron los mayores DIn en ambos ensayos (Cuadro 3). En contraste, dentro de las poblaciones de tipo Miahuateco el comportamiento de DIn no fue el mismo, las poblaciones donde se estableció la enfermedad con mayor rapidez en el primer ensayo mostraron una reacción distinta en el segundo caso, indicando una mayor influencia de factores ambientales sobre este tipo, dado que la temperatura promedio en la primera evaluación fue de 22.5 °C el día de la inoculación y 20.3 °C en los días posteriores, en tanto que en el segundo caso fue de 16.5 y 16.6 °C, respectivamente.

Cuadro 3. Comportamiento promedio de poblaciones de chile (*C. annuum*) para las variables indicadoras de la marchitez, al inocularse con *P. capsici*†.

Tipo	Población	Ensayo I			Ensayo II			
		DIn	DYmax	Nf	DIn	Ymax	DYmax	Nf
Miahuateco	CP631	5.25	25.0	6.9	9.15	76.20	20.0	5.3
	CP632	6.50	19.5	7.0	8.65	98.20	23.0	5.6
	CP633	4.45	8.0	8.3	9.80	89.90	20.0	5.0
	CP634	6.25	14.0	7.1	9.30	87.00	23.0	5.3
	CP635	5.55	14.0	7.8	7.80	93.00	23.0	6.1
	CP637	6.40	12.5	7.8	8.25	91.30	14.0	6.4
	CP639	4.70	16.0	7.6	9.20	94.40	26.0	7.3
	CP640	5.90	18.0	7.9	9.35	85.20	19.0	6.8
	CP641	4.65	11.0	8.6	9.30	83.00	23.0	5.9
	CP642	5.15	9.0	8.2	10.40	76.10	23.0	4.6
	CP643	4.40	10.0	9.7	9.75	95.40	23.0	5.4
	CP644	4.00	8.0	7.3	10.15	100.0	20.0	5.1
	CP645	6.20	15.0	7.7	12.75	70.60	20.0	3.5
	CP646	5.35	8.0	6.7	10.75	75.00	12.0	2.9
	CP647	4.70	12.5	7.1	8.65	100.0	17.0	6.9
	CP648	5.95	10.0	8.5	10.50	93.70	20.0	4.5
	CP649	6.15	11.5	8.2	9.65	93.70	23.0	5.4
	CP650	4.90	14.0	4.9	8.50	100.0	17.0	7.2
	CP652	5.95	10.0	9.2	11.25	83.30	17.0	5.5
	CP653	6.85	13.5	7.3	9.90	94.20	20.0	5.5
CP654	5.50	15.0	5.8	9.40	95.40	20.0	6.0	
CP655	6.45	9.0	10.0	9.60	95.40	19.0	6.6	
CP657	6.50	9.0	7.2	7.50	100.0	9.0	6.5	
Copi	CP651	5.90	18.5	7.2	9.90	89.20	26.0	5.4
	CP654c	4.90	7.0	7.2	8.50	100.0	15.0	5.0
	CP656	6.00	9.0	9.0	9.85	100.0	14.0	6.1
Amarillo	CP661a	8.40	18.0	5.2	16.25	63.80	26.0	3.4
Colorado	CP661c	8.75	15.0	7.0	19.25	65.30	26.0	2.8
Negro	CP661n	7.25	17.0	6.2	12.00	82.60	26.0	4.7
Media		5.82	13.0	7.5	10.18	89.0	20.14	5.3
DHS		4.03	16.3	4.3	6.94	29.0	13.5	3.8

† Promedio de dos repeticiones y de 10 a 30 plantas por repetición. DIn= Días transcurridos desde la inoculación hasta la aparición necrosis en el 50% de las plantas. Ymax= Incidencia máxima (%). DYmax= Días requeridos para alcanzar la máxima incidencia. Nf= Necrosis final en la base del tallo (cm). DHS= Diferencia significativa honesta (Tukey, p = 0.05).

Los resultados para Ymax en el primer ensayo no mostraron diferencias entre las poblaciones ya que todas alcanzaron el 100 % y todas las plantas murieron al final del ensayo. En cambio, en el segundo ensayo seis poblaciones tuvieron valores entre 60-80 %, cuatro de ellas del tipo Miahuateco provenientes de Tepanco (CP631) y Tlacotepec (CP642, CP645 y

CP646), los dos restantes de Tecamatlán (CP661a y CP661c). El resto mostró Ymax entre 80 y 100 %, significativamente diferentes a los tipos Amarillo y Colorado en varios casos (Cuadro 3). Cabe destacar que los materiales que alcanzaron una Ymax de 100 % en ambos ensayos fueron CP644, CP647, CP650 y CP657, por lo que pueden ser utilizados como testigos susceptibles en evaluaciones posteriores. La variable DYmax tuvo diferencia significativa entre ensayos con 13 y 20 días en promedio, respectivamente (Cuadro 3) y los resultados indican que además de una aparición más tardía de los síntomas también el avance de la enfermedad fue lento a menor temperatura; esto a pesar de que las plantas de cada repetición provenían de los mismos individuos colectados en campo.

Dentro del tipo Miahuateco CP646 y CP657 alcanzaron la incidencia máxima en menor tiempo, en ambas evaluaciones, en contraste CP631 y CP632 de Tepanco requirieron más tiempo en el primer caso y CP639 de Tehuacán en el segundo, de igual manera CP651 tipo Copi de Yehualtepec registró los mayores valores en ambos casos. Entre los provenientes de Tecamatlán su comportamiento fue más homogéneo entre poblaciones. Las diferencias entre ensayos sugieren que además de la variación genética hubo influencia de factores ambientales; al respecto, coincidimos con Avelar y Montiel (1992) quienes reportan mayor incidencia al registrarse en campo temperaturas más elevadas.

La acumulación de necrosis (Nf) en el segundo ensayo fue de 5.8 cm, significativamente menor que en primero de 7.5 cm; indicando que durante la segunda evaluación, el efecto de la invasión de los tejidos de conducción por parte del oomiceto fue menos severa (Cuadro 3). Los valores más bajos en la primera evaluación se presentaron en CP650, CP654 y CP661a; mientras que en la segunda fueron CP646, CP645, CP661c y nuevamente en CP661a. Sólo en las poblaciones CP646, CP661a y CP661c períodos de incubación largos estuvieron relacionados con baja incidencia y menor acumulación de necrosis final.

Al realizar el análisis de componentes principales de las variables de ambos ensayos, en forma conjunta, se observa que el primer componente principal presentó un valor propio de 3.343 y explicó el 47.8 % de la varianza; mientras que para el segundo el valor propio fue 1.417 y explicó el 20.2 % de la varianza, aportando en suma el 68 %. Los valores en vectores

propios asociados a cada variable indicaron que la contribución de DIn y Ymax del segundo ensayo fueron de mayor relevancia en el primer componente principal; DYmax y Nf del primer y segundo ensayos en el segundo componente principal (Cuadro 1 del Apéndice). Al graficar la dispersión de las poblaciones (Figura 1) en de estos dos primeros componentes, se observa que los chiles criollos de Tecomatlán y la población de Chile Miahuateco CP645 destacan como materiales tolerantes con respecto al resto de las poblaciones tipo Miahuateco y Copi. Es posible que durante estos largos periodos de incubación, las plantas pudieron expresar algún o algunos mecanismos de defensa para contrarrestar la proliferación del oomiceto en los tejidos de conducción (Velásquez *et al.*, 2002).

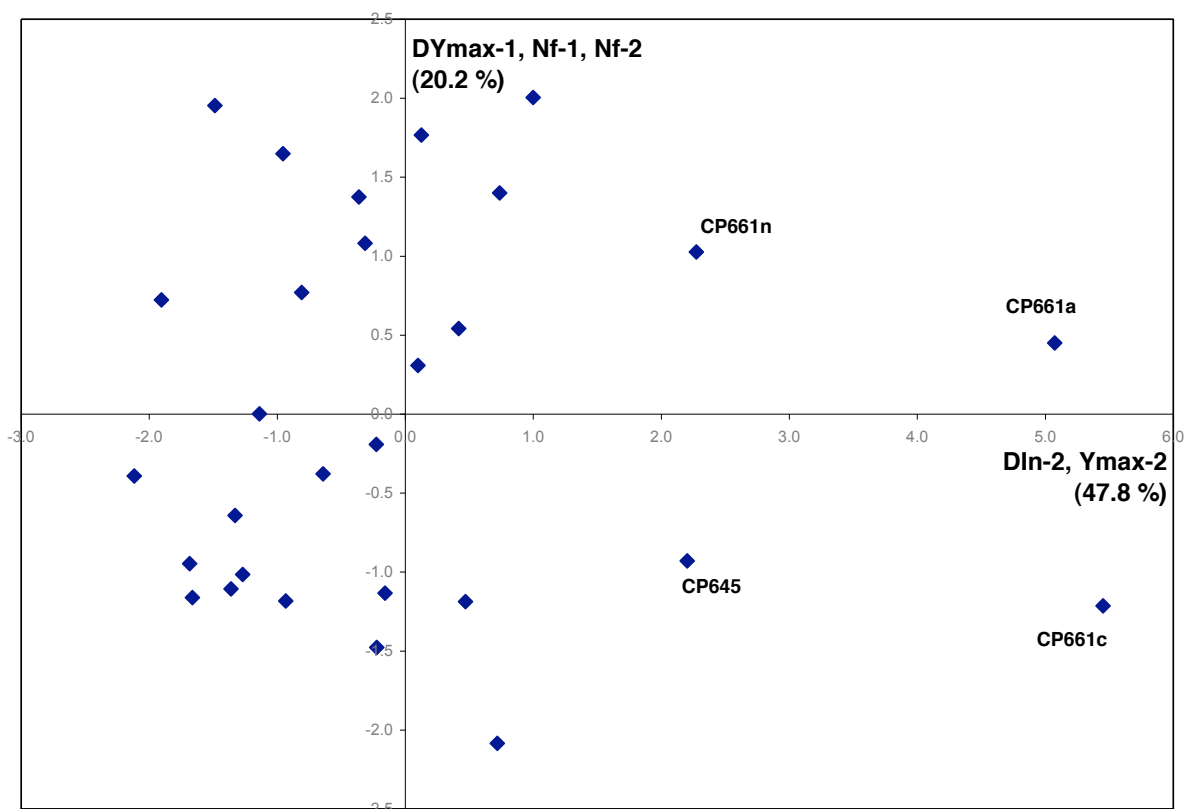


Figura 1. Dispersión de 29 poblaciones de Chile criollo (*C. annuum*) del sur de Puebla, cultivadas en invernadero e inoculadas con *P. capsici*, en función del primer y segundo componentes principales de siete variables indicadoras de la marchitez (DIn-2= Días transcurridos desde la inoculación hasta la aparición necrosis en el 50% de las plantas en el segundo ensayo; Ymax-2= Incidencia máxima (%) en el segundo ensayo; DYmax-1= Días requeridos para alcanzar la máxima incidencia en el primer ensayo; Nf-1 y Nf-2= Necrosis final en la base del tallo (cm) en el primer y segundo ensayo en el segundo ensayo, respectivamente).

Por otro lado, la tasa de infección aparente (r^*) a partir de la variable Y se ajustó a los modelos Monomolecular en el 41 % de las poblaciones del primer ensayo y Gompertz en el 51 % de las poblaciones del segundo, indicando que la máxima incidencia se alcanzó con rapidez (Hernández *et al.*, 2003); lo cual muestra coincidencia con Chávez *et al.* (1995) y Avelar (1989) quienes mantuvieron bajo control integrado la marchitez del chile y observaron que el desarrollo de las epidemias se ajustó en su mayoría al modelo Gompertz.

El análisis de varianza de la pendiente estandarizada, ABCPEi, ABCPEn y ABCPEs mostró las diferencias significativas entre ensayos, tipos y poblaciones (Cuadro 4). La tasa de infección mostró diferencias significativas; no obstante, en las condiciones en que se llevó a cabo este análisis el coeficiente de variación fue de 47.22 % por lo que este parámetro debe tomarse con reservas.

Cuadro 4. Análisis de varianza de las variables $r^{*†}$, ABCPEi, ABCPEn y ABCPEs.

Fuente de Variación	GL	r^*	ABCPEi	ABCPEn	ABCPEs
Poblaciones	59	0.0227 *	158338.65 *	657.11 *	1275.95 *
Ensayo	1	0.1023 *	4648291.70 *	13905.41 *	64014.01 *
Repeticiones/Ensayo	2	0.0290 *	213432.99 *	864.54 *	179.46 *
Tipo	2	0.0050 NS	245778.02 *	2201.74 *	563.66 *
Poblaciones/Tipo	26	0.0232 *	97330.28 *	434.73 *	209.22 *
Ensayo*Tipo	2	0.0197 NS	23748.91 NS	203.28 NS	7.10 NS
Ensayo*Poblacion/Tipo	26	0.0203 *	46045.43 *	270.07 *	166.42 *
Error	56	0.0083	18138.19	73.06	52.85

r^* = Tasa de infección aparente; Área bajo la curva del progreso de la enfermedad a partir de los datos de incidencia (ABCPEi), necrosis del tallo (ABCPEn) y severidad (ABCPEs). *= Significativamente diferentes (Tukey, 0.05). NS= Sin diferencia significativa.

En cuanto a los resultados del ABCPE, se apoya lo observado en los parámetros previamente descritos respecto a que hubo significativamente menor cantidad de enfermedad en la segunda evaluación, en términos del ABCPEi y ABCPEs y que los chiles criollos de Tecmatlán tuvieron valores significativamente menores que los Miahuateco y Copi en las tres variables indicadoras de la acumulación total de daño en el tallo con respecto al tiempo y el efecto sobre vigor de la planta (Cuadro 5). Las poblaciones que acumularon menores cantidades dentro de los tipos fueron CP631 y CP632 en Miahuatecos, CP651 en Copi y CP661n de Tecmatlán. De manera general, valores bajos de ABCPEi estuvieron asociados a valores altos de DIn y DYmax.

Cuadro 5. Comparación de medias de las variables indicadoras de la resistencia a *Phytophthora capsici* Leo. en 29 poblaciones de chiles criollos (*C. annuum*) del sur de Puebla, cultivadas en invernadero e inoculadas con *P. capsici*. Montecillo, México 2005.

Tipo	Población	Ensayo I			Ensayo II		
		ABCPEi [†]	ABCPE _n	ABCPE _s	ABCPEi	ABCPE _n	ABCPE _s
Miahuateco	CP631	1728.97	85.225	118.0	1252.4	61.550	84.0
	CP632	1612.39	84.100	126.0	1554.9	85.200	81.0
	CP633	1804.94	94.150	120.0	1466.2	63.950	93.0
	CP634	1820.72	83.075	122.5	1422.4	67.550	96.0
	CP635	1883.13	88.225	136.5	1613.1	77.500	99.0
	CP637	1806.37	86.225	132.0	1617.0	78.450	93.0
	CP639	1888.59	89.700	134.5	1501.9	72.550	93.0
	CP640	1797.08	90.800	132.0	1422.2	63.450	87.0
	CP641	1927.08	93.500	142.5	1437.0	61.650	87.0
	CP642	1929.46	94.350	137.5	1187.2	51.000	87.0
	CP643	1925.33	98.800	137.5	1452.9	59.700	87.0
	CP644	1939.31	85.125	160.0	1521.3	54.300	93.0
	CP645	1784.99	85.050	128.5	999.8	38.950	75.0
	CP646	1910.70	91.975	150.0	1190.9	37.300	79.0
	CP647	1815.29	80.800	152.0	1713.2	83.100	87.0
	CP648	1871.73	95.375	140.0	1473.7	56.250	99.0
	CP649	1841.86	88.775	138.0	1331.1	58.400	87.0
	CP650	1859.86	76.325	158.5	1715.6	83.900	87.0
	CP652	1879.17	95.800	131.0	1360.2	69.850	99.0
	CP653	1767.01	86.675	141.5	1497.9	61.800	87.0
CP654	1823.88	79.350	137.0	1486.2	67.900	91.0	
CP655	1840.61	98.925	127.5	1539.0	71.750	103.0	
CP657	1831.63	83.650	148.5	1848.2	88.900	102.0	
Copi	CP651	1831.49	84.950	126.0	1391.7	63.650	81.0
	CP654c	1943.10	91.900	136.0	1648.7	66.600	87.0
	CP656	1863.30	99.075	131.0	1590.8	66.250	87.0
Amarillo	CP661a	1518.99	48.625	134.5	864.2	33.650	78.0
Colorado	CP661c	1597.63	55.925	118.5	763.2	28.500	63.0
Negro	CP661n	1469.10	44.975	124.0	1156.3	52.800	87.0
DMS		372.07	31.380	26.02	836.87	49.17	35.53

[†] Área bajo la curva del progreso de la enfermedad a partir de los datos de incidencia (ABCPEi), necrosis del tallo (ABCPE_n) y severidad (ABCPE_s). DMS= Diferencia mínima significativa (Tukey, P≤ 0.05).

En particular, los valores para CP661a y CP661c (864.2 y 763.2, respectivamente) en el segundo fueron menores que lo reportado por Chávez *et al.* (1995) para sus mejores

tratamientos de control de marchitez en chile criollo Cuayucatepec (993.5) considerado como tolerante para la región de Valsequillo, Puebla. Por otro lado, en comparación con los valores reportados por Gutiérrez (2000) para cultivares de *C. annuum*, las poblaciones evaluadas se ubican dentro del intervalo de susceptibles.

Considerando que la escala de severidad indica de manera indirecta la infección por el oomiceto y los efectos que tiene en el aspecto general de la planta, valores bajos de ABCPEs podrían sugerir mecanismos de defensa particulares que permiten contrarrestar el efecto de la invasión de haces vasculares sobre los procesos fisiológicos que determinan el vigor de la planta. Así, en los chiles de Tecamatlán, a pesar de que la infección produce una disminución en el vigor, éstas retrasaron el establecimiento de la enfermedad, la proliferación del patógeno y el avance del daño.

De manera general, los resultados de incidencia permiten clasificar la reacción de las poblaciones evaluadas como resistente entre 0-50 %, reacciones intermedias entre 60-90 % y susceptibles mayores del 90 % y se puede señalar que los criollos de Tecamatlán tuvieron una reacción de resistencia intermedia, la cual es notable al compararse con aquellas susceptibles de Tlacotepec, Yehualtepec y Tecamachalco. Avelar (1989) reporta incidencias similares a las aquí presentadas al evaluar la enfermedad en una localidad con una presencia abundante del patógeno en el suelo. En contraste, Chávez *et al.* (1995) y Yáñez *et al.* (2001) reportan incidencia en campo por debajo del 70 %, en la presente investigación sólo en dos materiales se registraron valores cercanos a éstos, debido posiblemente a que las condiciones favorecieron la infección y desarrollo del patógeno, aunado a una relativamente alta densidad de inóculo, lo cual redujo considerablemente la posibilidad de escape. Dadas estas condiciones, las plantas sin síntomas de marchitez al final del segundo ensayo pueden considerarse como altamente resistentes.

Los posibles mecanismos de defensa que se sugieren en algunas poblaciones podrían estar determinados por contenidos genéticos específicos, dada la naturaleza poligénica de la resistencia a *P. capsici* (Ogundiwin *et al.*, 2005). Los tipos Miahuatecos y Copi fueron considerados por Romero (1962) y Avelar (1989) dentro de los tipos susceptibles; no obstante,

la importancia de éstos a nivel regional hace imperante el generar información respecto a la resistencia/susceptibilidad del recurso genético criollo y ampliar su evaluación con aislamientos procedentes de las zonas de estudio, ya que una limitante para obtener variedades resistentes a *P. capsici* es la variabilidad patogénica del oomiceto (Fernández *et al.*, 2004; Guerrero *et al.*, 2004). Lo anterior permitiría detectar genes y seleccionar e incorporar germoplasma sobresaliente a un protocolo de mejoramiento genético.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en los parámetros registrados indican que, aunque en promedio hay daño severo a causa de la inoculación con *P. capsici*, la variación entre plantas dentro de la población, entre poblaciones y entre tipos es importante ya que es factible que algunos materiales presenten mecanismos de defensa particulares; que podrían ser explorados y aprovechados en programas de mejoramiento, en particular los chiles criollos de Tecamatlán que fueron medianamente susceptibles.

LITERATURA CITADA

- Aguilar R., V. H., T. Corona T., y S. H. Morán B. 2006. Chiles nativos (*Capsicum* spp., Solanaceae) de los estados de Puebla y Morelos. *In*: Avances de investigación de la red de hortalizas del SINAREFI. López L., P., y S. Montes H. (eds). Libro Científico Núm. 1. Campo Experimental Bajío INIFAP. Celaya, Guanajuato, México. pp: 28-58.
- Alao, S. E. L., y M. D. Alegbejo. 1999. Screening of pepper lines for resistance to *Phytophthora capsici* in northern Nigeria. *Capsicum* and Eggplants Newsletter 19:105-108.
- Avelar M., J. J. 1989. Intentos de control de la marchitez del chile ocasionada por el hongo *Phytophthora capsici* L. en la región de Valsequillo, Puebla, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 66 p.
- Avelar M., J. J., y D. Montiel R. 1992. Control de la marchitez de chile ocasionada por el hongo *Phytophthora capsici* Leo. en el municipio de Zacatecas. *In*: Memoria del XIX Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Saltillo, Coahuila, México. Resumen. pp: 42.

- Campbell, C. L., and L. V. Madden, 1990. Introduction to plant disease epidemiology. John Wiley and Sons, New York. 532 p.
- Chávez A., J. J., E. Zavaleta M., y D. Téliz O. 1995. Control integrado de la marchitez del chile (*Capsicum annuum* L.) ocasionado por el hongo *Phytophthora capsici* L. en la región de Valsequillo, Puebla, México. Fitopatología 30:47-55.
- Erwin, C. D., and K. O. Ribeiro. 1996. *Phytophthora* diseases worldwide. APS - Press. U.S.A. 562 p.
- Fernández P., S. P., C. L. Biles, M. E. Waugh, K. Onsurez-Waugh, G. Rodríguez A., and C. M. Liddell. 2004. Characterization of southern New Mexico *Phytophthora capsici* Leonian isolates from pepper (*Capsicum annuum* L.). Revista Mexicana de Fitopatología 22:82-89.
- Fueyo Mc D., G. 2006. Chile (*Capsicum annuum* L.) sus enfermedades. Tecnoagro. 29:3-5.
- Galindo A., J. 1962. Marchitez de las plantas de chile causada por *Phytophthora capsici* Leonian. Revista Mexicana de Fitopatología 1:15-17.
- Galindo A., J. 1984. *Phytophthora capsici* Leo. como patógeno del chile. *In*: Memoria del Simposio Nacional Aspectos Fitopatológicos de Maíz, Frijol y Chile. Bauer de la I., M. L., R. Rodríguez M., y C. Sosa M. (eds). Talleres gráficos de la Nación. pp. 139-145.
- González C., M. M., I. Torres P., y H. Guzmán M. 2002. Patógenos involucrados en la marchitez del chile. *In*: Proceedings of the 16th International Pepper Conference. November 10-12. Tampico, Tamaulipas. México. pp: 25-28.
- González P., E., M. J. Yáñez M., V. Santiago S., y A. Montero P. 2004. Biodiversidad fungosa en la marchitez del chile y algunos factores involucrados, en Tlacotepec de José Manzo, El Verde, Puebla. Agrociencia 38:653-661
- Guerrero A., B. Z., M. González C., I. Torres P., R. González G., H. Guzmán M., R. Rodríguez G., E. Villoro P., B. Cabañas C., A. G. Bravo L., L. Olvera G., y R. Rodríguez M. 2004. Diversidad genética de patógenos de raíz en chile (*Capsicum annuum*) en la región norte centro de México. *In*: Memoria de la Primera Convención Mundial del Chile. 27-29 de junio. León, Guanajuato, México. pp: 67-72.

- Gutiérrez A., H. 2000. Resistencia de 20 cultivares de chile (*Capsicum annuum* L.) a *Phytophthora capsici* Leo. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 83 p.
- Hausbeck, M. K., and K. H. Lamour. 2004. *Phytophthora capsici* on vegetable crops: research progress and management challenges. Plant Disease 88:1292-1303.
- Heredia Z., A. 1966. Herencia de la resistencia del chile (*Capsicum annuum* L.) al ataque del hongo *Phytophthora capsici* Leo. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agronomía. Chapingo, Edo. de México. 40 p.
- Hernández C., E., D. Riestra D., J. A. Villanueva J., y R. Mosqueda V. 2003. Análisis epidemiológico del virus de la mancha anular del papayo bajo diferentes densidades, aplicaciones de extractos acuosos de semilla de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) y eliminación de plantas enfermas del cv. Maradol roja. Revista Chapingo Serie Horticultura 9:55-68.
- Laborde C., J. A., y O. Pozo C. 1984. Presente y pasado del chile en México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigación Agrícola (SARH-INIA). Publicación Especial No. 85. México. 80 p.
- Luján F., M., y G. F. Acosta R. 2004. Selección de genotipos de chile para el Norte de México. *In*: Memoria de la Primera Convención Mundial del Chile. 27-29 de junio. León, Guanajuato, México. pp: 454.
- Marín C., M., M. J. Huitzil R., M. Meneses H. y A. Martínez M. 1992. Diagnóstico preliminar de las enfermedades fungosas que se presentan en los principales cultivos del Municipio de Atlixco, Puebla. *In*: Memoria del XIX Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Saltillo, Coahuila, México. pp: 14.
- Ogundiwin, E. A., T. F. Berke, M. Massoudi, L. L. Black, G. Huestis, D. Choi, S. Lee, and J. P. Prince. 2005. Construction of 2 intraspecific linkage maps and identification of resistance QTL's for *Phytophthora capsici* root-rot and foliar blight diseases of pepper (*Capsicum annuum* L.). Genome 48:698-711.
- Redondo J., E. 1974. Estudio preliminar en la obtención de posibles plantas diferenciales para agrupar las razas patogénicas del hongo *Phytophthora capsici* Leonian. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 51 p.
- Redondo J., E. 2002. Alterations ocasionated by *Phytophthora capsici* Leo. in plants of hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *In*: Proceedings of the 16th Internacional Pepper Conference. November 10-12. Tampico, Tamaulipas. México. pp: 71-72.

- Rincón V., J. F., y R. Velásquez V. 1999. Reacción de genotipos de chile (*Capsicum annuum* L.) a pudriciones radicales en Zacatecas. *Horticultura Mexicana* 7:130.
- Romero C., S. 1962. Inoculación artificial de chile en el campo con *Phytophthora capsici* Leo. *Agricultura Técnica en México* 2:79-80.
- Romero C., S. 1988. Hongos fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México, México. 347 p.
- SAS Institute. 1999. SAS/STAT. User's Guide. Version 8, Vol. 1-5. SAS Publishing. Cary, N.C. 3848 p.
- Velásquez V., R. M., M. M. Medina A., y J. J. Luna R. 2001. Sintomatología y géneros de patógenos asociados con las pudriciones de la raíz del chile (*Capsicum annuum* L.) en el Norte-Centro de México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19:175-181.
- Velásquez V., R. M., M. M. Medina A., y F. H. Schwartz. 2002. Reacción de seis genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a tres aislamientos de *Fusarium oxysporum* Schlecht f.sp. *phaseoli* Kendrick and Snyder. *Revista Mexicana de Fitopatología* 20:146-151.
- Velásquez V., R. M., M. M. Medina A., y L. M. Macías V. 2003. Reacción de líneas avanzadas de chile (*Capsicum annuum* L.) provenientes de Zacatecas a enfermedades comunes en Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 21:71-74.
- Yáñez J., G. M., E. Zavaleta M., C. Flores R., J. Chávez A., and R. Valdivia A. 2001. Management of wilting (*P. capsici* Leo.), root galling (*N. aberrans* Thorne and Allen), and virosis in pepper (*C. annuum* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología* 19: 40-48.

APÉNDICE

APÉNDICE

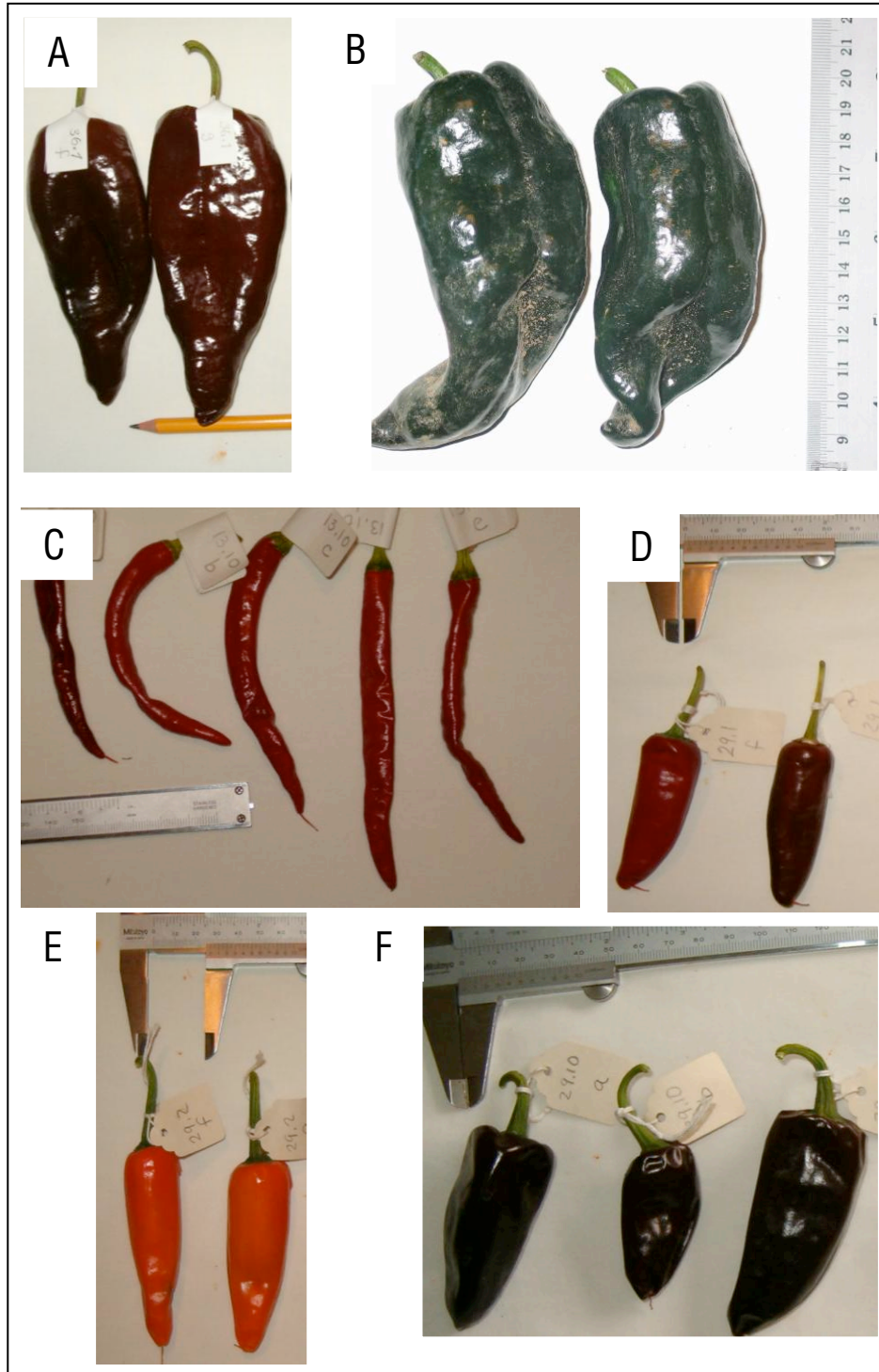


Figura 1A. Frutos representativos de los tipos de chile reconocidos localmente como: A) Miahuateco, B) Poblano, C) Copi, D) Colorado, E) Amarillo y F) Negro cultivados en invernadero en Montecillo, Estado de México.

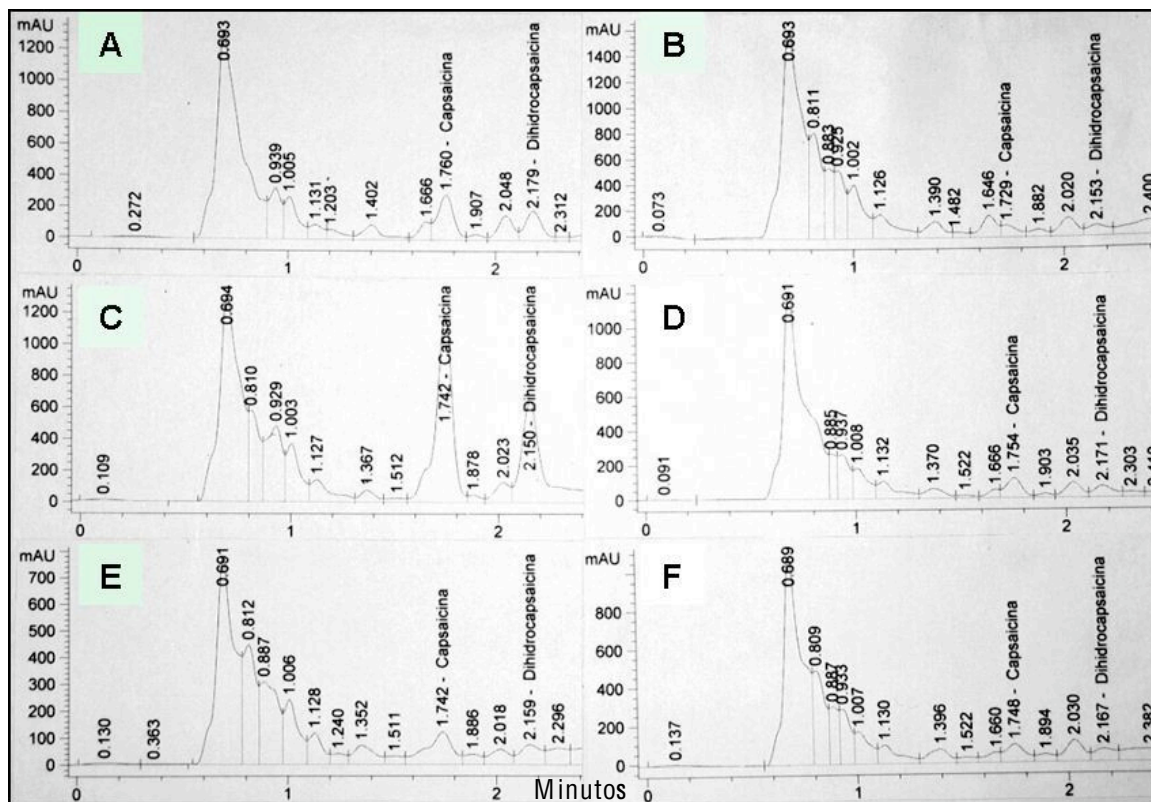


Figura 2A. Cromatogramas representativos para los tipos de chile reconocidos localmente como: A) Miahuateco, B) Mulato, C) Copi, D) Colorado, E) Amarillo y F) Negro. La fase móvil fue acetonitrilo : amortiguador de KH_2PO_4 35mM (65:35) fluyendo a 1.7 mL min^{-1} a través de una columna C_{18} de 150 mm x 4.7 mm con partículas de $25 \mu\text{m}$ de diámetro (Waters Spherisorb ODS, Sigma Co.). Las lecturas fueron tomadas a 202 nm.

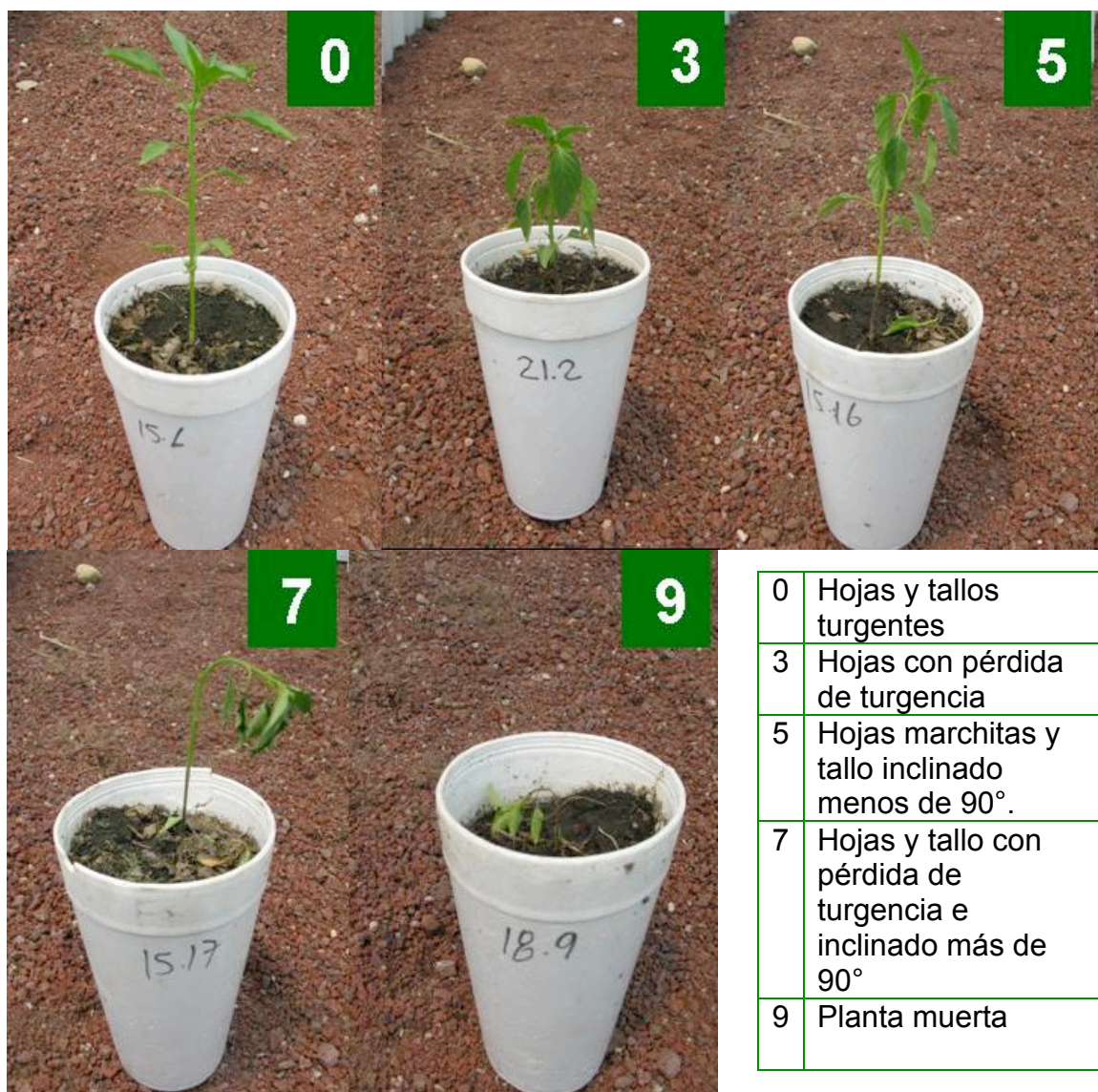


Figura 3A. Categorías nominales de severidad en plantas de chile de acuerdo a los síntomas que se describen.

Cuadro 1A. Vectores y valores propios del análisis de componentes principales (CP) para las variables indicadoras de la marchitez en 29 poblaciones de chile criollo (*C. annuum*) del sur de Puebla, cultivadas en invernadero e inoculadas con *Phytophthora capsici* Leo. Montecillo, México 2005.

CARACTERÍSTICA †	CP1	CP2	CP3
DIn ₁	0.4011	0.0039	-0.1990
DYmax ₁	0.2596	0.6699	0.1004
Nf ₁	-0.2096	-0.4714	0.6530
DIn ₂	0.4902	-0.2369	0.0274
Ymax ₂	-0.4751	0.1527	-0.0319
DYmax ₂	0.3003	0.2829	0.7117
Nf ₂	-0.4143	0.4117	0.1249
Valor propio	3.3427	1.4169	0.9250
Variación explicada	44.75	20.24	13.21
Variación acumulada	44.75	67.99	81.21

† DIn₁ y DIn₂= Días transcurridos desde la inoculación hasta la aparición necrosis en el 50% de las plantas en el primero y segundo ensayos, respectivamente.

Ymax₁ y Ymax₂= Incidencia máxima (%) en el primero y segundo ensayos, respectivamente.

DYmax₁ y DYmax₂= Días requeridos para alcanzar la máxima incidencia en el primero y segundo ensayos, respectivamente.

Nf₁ y Nf₂= Necrosis final en la base del tallo (cm) en el primero y segundo ensayos, respectivamente.