



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

**TESIS QUE COMO TRÁMITE INICIAL PARA LA EVALUACIÓN
PROFESIONAL DE LA CARRERA INGENIERO AGRONOMO
INDUSTRIAL.**

**RENDIMIENTO DE ESPECIES SILVESTRES DE *Physalis* EN
INVERNADERO Y CAMPO ABIERTO EN FUNCIÓN DE LA
SUPERFICIE FOLIAR**

**P R E S E N T A:
BEATRIZ FLORES GONZÁLEZ**

(GENERACIÓN 38)

**NÚMERO DE CUENTA
(0543988)**

MODALIDAD: INDIVIDUAL

ASESORES

**DR. EDGAR JESÚS MORALES ROSALES
DR. JOSE ANTONIO LOPEZ SANDOVAL**



**CAMPUS UNIVERSITARIO “EL CERRILLO”, EL CERRILLO
PIEDRAS BLANCAS, TOLUCA, ESTADO DE MÉX.
NOVIEMBRE DEL 2019.**

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE	ii
AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIAS.....	v
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 El género <i>Physalis</i>	3
2.2 Importancia.....	4
2.3 Taxonomía.....	7
2.4 Morfología.....	11
2.4.1 <i>Physalis acutifolia</i> (Miers <i>emend.</i> Sandwith) Sandwith.....	13
2.4.2 <i>Physalis ampla</i> Waterfall.....	15
2.4.3 <i>Physalis angulata</i> L.	17
2.4.4 <i>Physalis lagascae</i> Roem. & Schult.	20
2.4.5 <i>Physalis microcarpa</i> Urb. & Ekman	22
2.4.6 <i>Physalis philadelphica</i> Lam.....	24
2.4.7 <i>Physalis solanaceous</i> (Schltdl.) Axelius	36
2.4.8. <i>Physalis sulphurea</i> (Fern.) Waterfall.....	38
2.5 Etnobotánica del género <i>Physalis</i>	40
2.6 Genética de poblaciones en el género <i>Physalis</i>	44
2.7 Citogenética del género <i>Physalis</i>	45
2.8 Reproducción.....	46

2.9 Manejo Agronómico	47
2.10 Requerimientos climáticos.....	48
2.11 Desarrollo y crecimiento	49
2.12 Hábito de crecimiento	50
2.13 Rendimiento y componentes.....	50
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	52
3.1 Sitio del experimento.....	52
3.2 Material vegetal.....	53
3.3 Conducción del experimento	54
3.4 Variables de estudio	54
3.5 Tratamientos y diseño experimental.....	55
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	57
4.1 Sitio del experimento.....	57
4.2 Interacción entre localidades x genotipo.....	59
4.3 Aspectos fisiológicos y el rendimiento	61
4.4 Interacción de índice de área foliar x localidad	63
4.5 Interacción de frutos x localidad.....	65
V. CONCLUSIONES	67
VI. LITERATURA CITADA	69

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer, primero, a Dios por dotarnos del don de la perseverancia y así ayudarnos a alcanzar nuestras metas.

También agradezco al Dr. José Antonio López Sandoval y al Dr. Edgar Jesús Morales Rosales, asesores de esta tesis, por el tiempo que dedicaron y la motivación que me otorgaron, a través de consejos y recomendaciones que en conjunto hicieron posible la elaboración de la misma.

De igual forma, mi agradecimiento va dirigido a la Universidad Autónoma del Estado de México, en especial a la Facultad de Ciencias Agrícolas, por la oportunidad de realizar mis estudios profesionales.

Para finalizar, agradezco a aquellas personas que han intervenido de forma directa o indirecta en la realización de esta tesis, a todas muchas gracias.

DEDICATORIAS

Dedico esta tesis a mis padres Hilario Flores González y Magdalena González Aguilar, ellos son el pilar fundamental de mi vida y mi mayor motivación para concluir mi formación académica; me han enseñado valores, cimentaron mis principios, alentaron mi perseverancia, y me han impulsado a alcanzar mis anhelos ofreciéndome el amor y la calidez de una familia, es por esto y por muchas razones más que, mis logros se los debo a ellos.

A mis hermanos (Francisco y José) por el apoyo incondicional que me han brindaron durante el transcurso de mi carrera universitaria y de toda mi vida.

Gracias.

“Guíame, pues eres mi roca y mi fortaleza, dirígeme por amor a tu nombre”

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Usos de las especies de <i>Physalis</i> en México.....	6
Cuadro 2. Clasificación genérica de <i>Physalis</i> sensu Martínez (1999).....	8
Cuadro 3. Datos de procedencia de las ocho especies del género <i>Physalis</i> bajo estudio.	53
Cuadro 4. Análisis de varianza y prueba de comparación medias de las variables evaluadas en función de los factores de estudio, localidades y genotipos de <i>Physalis</i> . México, Universidad Autónoma del Estado de México, 2018.	60

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Corola con maculas en <i>Physalis</i>	12
Figura 2. Fruto envuelto por el cáliz acrescente en <i>Physalis</i>	13
Figura 3. <i>Physalis acutifolia</i>	15
Figura 4. <i>Physalis ampla</i>	17
Figura 5. <i>Physalis aingulata</i>	19
Figura 6. <i>Physalis lagascae</i>	21
Figura 7. <i>Physalis microcarpa</i>	23
Figura 8. <i>Physalis philadelphica</i>	25
Figura 9. <i>Physalis solanaceous</i>	38
Figura 10. <i>Physalis sulphurea</i>	40
Figura 11. Temperaturas mínimas y máximas (promedio mensual) y precipitación pluvial (suma mensual) en Tenango del Valle durante la estación de crecimiento de especies silvestres de <i>Physalis</i> , Universidad Autónoma del Estado de México, 2018.....	58
Figura 12. Temperaturas mínimas y máximas (promedio mensual) y precipitación pluvial (suma mensual) en Zumpango durante la estación de crecimiento de especies silvestres de <i>Physalis</i> , Universidad Autónoma del Estado de México, 2018.....	58
Figura 13. Efecto de interacción entre los sitios experimentales y la variable número de frutos de especies silvestres de <i>Physalis</i> , Universidad Autónoma del Estado de México, 2018.	64
Figura 14. Efecto de interacción entre los sitios experimentales y las variables índice de área foliar de especies silvestres de <i>Physalis</i> , Universidad Autónoma del Estado de México, 2018.....	64

Figura 15. Relación entre el rendimiento con el índice de área foliar de especies silvestres de <i>Physalis</i> , Universidad Autónoma del Estado de México, 2018.....	66
Figura 16. Relación entre el rendimiento con el número de frutos de especies silvestres de <i>Physalis</i> , Universidad Autónoma del Estado de México, 2018.....	66

RESUMEN

En México, los frutos de especies silvestres de *Physalis* se cosechan para el consumo humano, estas especies de uso local no han sido evaluadas lo suficiente para el mejoramiento de su adaptación al cultivo e incluirse como una nueva especie hortícola. El estudio de los aspectos fisiológicos de la planta, son variables importantes en los estudios agrícolas, porque involucran el crecimiento vegetal, la captación de luz y la eficiencia fotosintética; que se relacionan directamente con el rendimiento de los cultivos. En esta investigación fueron sembradas ocho especies silvestres de *Physalis* en un ambiente de invernadero en Toluca, mientras que, en Tenango del Valle y Zumpango, los experimentos se establecieron en condiciones de campo abierto para comparar dichos ambientes; desde el punto de vista fisiológico y su rendimiento. Las variables evaluadas fueron número de hojas verdes (NHV), área foliar (AF), índice de área foliar (IAF), número de frutos (NFR), rendimiento de fruto (REN) y biomasa total (BT). Los datos se procesaron mediante la técnica de análisis de varianza y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ($P=0.05$). Los 24 tratamientos resultaron de la combinación de tres localidades y ocho genotipos. El diseño experimental fue en bloques completos al azar con arreglo factorial con 4 repeticiones en cada localidad. Para entender la relación causa – efecto entre el rendimiento de *Physalis* con el índice de área foliar y con el número de frutos planta⁻¹ se estimaron regresiones lineales simples. Los resultados indicaron que la producción de fruto fue mayor en invernadero (Toluca) con 655.5 g planta⁻¹ seguido de Tenango del Valle y Zumpango con 550.5 y 467.7 g planta⁻¹ respectivamente, lo anterior fue consecuencia de las condiciones ambientales que prevalecieron en el invernadero y que se reflejaron en un mejor desarrollo del tejido foliar. El rendimiento promedio de *P. philadelphica* (1502 g m⁻²) se debió a su índice de área foliar (2.1) y al mayor número de frutos planta⁻¹. Las ecuaciones de regresión $REN = 640 (IAF) + 170.7$ ($R^2 = 0.96^{**}$) y $REN = 11.7 (NFR) - 157$ ($R^2 = 0.62^{**}$), demuestran que el índice de área foliar y el número de frutos afectan positivamente el rendimiento de *Physalis*.

Palabras clave: *Physalis* spp., número de hojas verdes, área foliar, sinantropía, análisis de crecimiento

ABSTRACT

In Mexico, the fruits of wild *Physalis* species are harvested for human consumption, these species for local use have not been sufficiently evaluated to improve their adaptation to the crop and be included as a new horticultural species. The study of the physiological aspects of the plant are important variables in agricultural studies, because they involve plant growth, light capture and photosynthetic efficiency; which are directly related to crop yield. In this investigation, eight wild *Physalis* species were planted in a greenhouse environment (Toluca), while, in Tenango del Valle and Zumpango, the experiments were established under open field conditions to compare these environments; from the physiological point of view and its performance. The variables evaluated were number of green leaves (NHV), leaf area (AF), leaf area index (IAF), number of fruits (NFR), fruit yield (REN) and total biomass (BT). Data were processed using the variance analysis technique and the means of the treatments were compared with the Tukey test ($P = 0.05$). The 24 treatments resulted from the combination of three locations and eight genotypes. The experimental design was randomized complete blocks with factorial arrangement with 4 repetitions in each locality. To understand the cause - effect relationship between *Physalis* performance with the leaf area index and with the number of plant-1 fruits, simple linear regressions were estimated. The results indicated that fruit production was higher in Toluca with 655.5 g plant-1 followed by Tenango del Valle and Zumpango with 550.5 and 467.7 g plant-1 respectively, the above was a consequence of the environmental conditions prevailing in the greenhouse and that they were reflected in a better development of leaf tissue. The average yield of *P. philadelphica* (1502 g m⁻²) was due to its leaf area index (2.1) and the greater number of plant-1 fruits. The regression equations $REN = 640 (IAF) + 170.7$ ($R^2 = 0.96$ **) and $REN = 11.7 (NFR) - 157$ ($R^2 = 0.62$ **), show that the leaf area index and the number of fruits positively affect *Physalis* performance.

Keywords: *Physalis* spp., Number of green leaves, leaf area, synthropy, growth analysis

I. INTRODUCCIÓN

Physalis, es un género americano que produce frutos comestibles reconocidos comúnmente como tomate verde, tomate de cáscara, miltomate y tomatillo. Tienen uso alimenticio arraigado en la dieta diaria de muchas áreas geográficas de México (Vargas *et al.*, 2015) En nuestra nación existen 70 especies silvestres y sólo *P. philadelphica* Lam. y *P. angulata* L. son cultivadas. La uchuva (*P. peruviana* L.) es plantada en Sudamérica, que se cultiva ampliamente por sus frutos dulces y valor comercial (Herrera *et al.*, 2011. La riqueza de especies de *Physalis* en México hace de este país su centro de diversidad. El cultivo de *P. angulata* se restringe al estado de Jalisco y el de *P. philadelphica* está extendido en todo el territorio nacional (Sánchez *et al.*, 2006; Santiaguillo *et al.*, 2012). También, se reconoce el empleo de partes de la planta de *Physalis* spp. (raíz, hojas, cáliz y fruto) en la herbolaria y medicina tradicional (Rengifo & Vargas, 2013).

En México, los frutos de varias especies silvestres de *Physalis* se cosechan para el consumo humano, sin embargo, estas especies de uso local no han sido evaluadas lo suficiente para el mejoramiento de su adaptación al cultivo e incluirse como una nueva especie hortícola. Entre las investigaciones agronómicas sobre este género, las de destacan las Valdivia *et al.* (2016), quienes evaluaron las propiedades nutricionales de los frutos de *P. acutifolia*, *P. chenopodifolia*, *P. pubescens* y *P. angulata*. El pH de los frutos osciló entre 4.11 y 4.84 y el dulzor estuvo en el rango de 7.4 a 10.8 expresado en grados Brix. Los investigadores concluyeron que las especies estudiadas son buenas candidatas para los programas de reproducción, selección y para el desarrollo como nuevos cultivos de calidad nutricional. Por otro lado, Santiaguillo *et al.* (2004) en su indagación genética para incrementar el rendimiento y calidad de fruto, efectuaron cruza planta × planta entre variedades de tomate de cáscara, resultados del estudio mostraron que el rendimiento promedio de los cruzamientos fluctuó de 1.20 a 2.84, con media de 2.04 kg

planta¹.López *et al.* (2018a) al evaluar distintos genotipos silvestres de *Physalis* y dos cultivares cultivados (*P. philadelphica* y *P. angulata*) encontraron que por su tasa de asimilación neta, tasa de crecimiento relativo y rendimiento de fruto *P. solanacea* es un recurso genético promisorio, para establecerse como cultivo comercial.

El estudio de los aspectos fisiológicos de la planta, son variables importantes en la mayoría de los estudios agrícolas, porque involucran el crecimiento vegetal, la captación de luz y la eficiencia fotosintética. Debido a lo anterior, en esta investigación se propuso comparar el comportamiento de especies silvestres de *Physalis*, bajo condiciones de invernadero y campo abierto, mediante aspectos fisiológicos y de rendimiento. La hipótesis planteada indica que las especies silvestres de *Physalis* bajo condiciones de campo abierto, tiene mayor potencial agronómico como cultivo hortícola.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El género *Physalis*

El género *Physalis* fue establecido por Linneo (1757), donde menciona la existencia de nueve especies (Judd *et al.*, 2002). En la flora del Valle de México se describen 11 especies (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2001).

Para la flora de la península de Yucatán se indican 13 especies (http://www.cicy.mx/sitios/Flora%20Digital/indice_busqueda.php). Martínez (1998), en un estudio más detallado de la sección Epeteiorhiza, subgénero Rydbergis mostró que incluye catorce especies que se distribuyen desde el Sur de Canadá hasta Sudamérica.

Recientemente, se han descrito varias nuevas especies para el género *Physalis*, tales son los casos de *Physalis waterfalli*, para los Estados de Jalisco y Michoacán (Vargas-Ponce *et al.*, 1999); *Physalis queretaroensis* para Querétaro (Martínez y Hernández, 1999); *Physalis longiloba* y *Physalis tamayoi* para el Estado de Jalisco (Vargas *et al.*, 2001).

Existen pocos estudios citogenéticos para el género *Physalis*. Los trabajos de Menzel (1951) y Sudhakaran y Ganapathi (1999) describen especies con número cromosómico diploide ($2n=24$) y tetraploide ($4n=48$); de éstas últimas se han descrito muy pocas (*P. angulata*, *P. peruviana* y *P. minima*). La identidad diploide ($2n=24$) de *Physalis philadelphica* se mantiene como una interrogante, ya que en el trabajo de Menzel (1951), los resultados fueron dudosos debido una posible confusión taxonómica con *P.*

ixocarpa. Se caracterizó el cariotipo de cinco ecotipos de *Physalis peruviana* L., tres silvestres y dos cultivados. Se encontró variabilidad genética entre los ecotipos evaluados. Los ecotipos silvestres presentaron una dotación cromosómica $2n=24$, el ecotipo Colombia $2n=32$ y el ecotipo Kenia $2n=48$ (Rodríguez y Bueno, 2006).

Las relaciones filogenéticas para el género *Physalis* muestran que es un grupo monofilético dentro de la Subtribu Physalinae y que éste junto con otros géneros como *Tzeltalia*, *Leucophysalis* y *Witherigia* son mayormente americanos (Whitson y Manos, 2005; Olmstead *et al.*, 2008).

2.2 Importancia

El género *Physalis* pertenece a la familia Solanaceae que incluye especies económicamente importantes como el chile (*Capsicum annum* L.), el jitomate (*Solanum lycopersicum* Mill.), el tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), la papa (*Solanum tuberosum* L.) y el tomate de cáscara (*Physalis* spp.). De este último existen aproximadamente 100 especies, de las cuales más de 50% son endémicas del territorio nacional, por tal razón México se considera el centro de origen y diversidad del taxón (D'Arcy 1991; Martínez 1998).

A pesar de los cambios de hábitos alimenticios en el transcurso y evolución de las generaciones, los frutos de tomate se mantienen en la dieta mexicana como un ingrediente muy popular para la preparación de diversos platillos, principalmente en la elaboración de salsas. El tomate se utiliza también en la agroindustria donde se procesa para su consumo nacional y exportación. Otras cualidades que se le atribuyen a algunas

especies de este género son sus propiedades curativas y ornamentales, que son escasamente conocidas y aprovechadas, por lo que resulta importante estudiarlas con el propósito de conocerlas y difundirlas y, rescatar así parte del conocimiento tradicional de los pobladores que hacen uso de estos atributos (Santiaguillo y Blas, 2009).

Con base en la información de 19 herbarios de México, Santiaguillo y Blas (2009) encontraron que en México las especies del género *Physalis* se utilizan con fines: comestible, industrial, medicinal, trampa vegetal, ornamental, forrajero, como juguete y ceremonial. En estos usos están involucradas 16 diferentes especies y de ellas se utiliza la raíz, tallo, hojas, fruto, cáliz e inclusive la planta entera (Cuadro 1).

Cuadro 1. Usos de las especies de *Physalis* en México.

USO	ESPECIE
Comestible:	
Como Fruta	<i>Physalis gracilis</i> Miers; <i>Physalis cinerascens</i> (Dunal) Hitchc.
En salsas	<i>Physalis angulata</i> L., <i>Physalis ixocarpa</i> Brot. (<i>P. philadelphica</i> Lam.), <i>Physalis nicandroides</i> Schltdl, <i>Physalis cinerascens</i> (Dunal) Hitchc, <i>Physalis pubescens</i> L.
Quelite	<i>Physalis gracilis</i> Miers, <i>Physalis sancti-josephii</i> Dunal
Culinario	<i>Physalis ixocarpa</i> Brot., <i>Physalis coztomatl</i> Mociño & Sessé ex Dunal.
No especifico	<i>Physalis greenmannii</i> Waterf., <i>Physalis lagascae</i> Roem. & Schult., <i>Physalis orizabae</i> Dunal.
Medicinal	<i>Physalis arborescens</i> L., <i>Physalis chenopodifolia</i> Lam., <i>Physalis cinerascens</i> (Dunal) Hitchc., <i>Physalis gracilis</i> Miers, <i>Physalis hederifolia</i> A. Gray, <i>Physalis ixocarpa</i> Brot., <i>Physalis nicandroides</i> Schltdl., <i>Physalis orizabae</i> Dunal, <i>Physalis patula</i> Mill., <i>Physalis sancti-josephii</i> Dunal, <i>Physalis pubescens</i> L.,
Industrial	<i>Physalis cinerascens</i> (Dunal) Hitchc.
Trampa vegetal	<i>Physalis nicandroides</i> Schltdl.
Ornamental	<i>Physalis gracilis</i> Miers
Juguete	<i>Physalis cordata</i> Mill.
Forrajera	<i>Physalis sancti-josephii</i> Dunal
Ceremonial	<i>Physalis nicandroides</i> Schltdl., <i>P. pruinosa</i> L.

2.3 Taxonomía

El género *Physalis* se encuentra dentro de la familia Solanaceae, Subfamilia Solanoideae, Tribu Physaleae, Subtribu Physalinae (D'Arcy, 1991). La clasificación infragenérica más reciente (Martínez, 2000) considera la existencia de 4 subgéneros: *Physalis*, *Physalodendron*, *Quincula* y *Rydbergis*. Este último subgénero reúne un poco más de 60 especies, mientras que los otros subgéneros incluyen 1 o 2 especies únicamente. Las especies objeto de esta investigación se incluyen el subgénero *Rydbergis*.

El género *Physalis* tiene una clasificación infragenérica sensu Martínez (1999) donde el género se divide en 4 subgéneros y 12 secciones. En esta clasificación se usan caracteres morfológicos tales como tricomas (Cuadro 2) (Whitson y Manos, 2005).

Cuadro 2. Clasificación genérica de *Physalis* sensu Martínez (1999).

Subgénero y sección	Especies	Nativa a:
Physalis subgénero Physalis <i>Physalis alkenkegi</i>	1	China (y posiblemente Europa)
Physalis subgénero Physalodendron <i>P. arborescens, P. melanocystis</i>	2	Sur de México y América Central
Physalis subgénero Quincula <i>P. lobata</i>	1	Suroeste de Estados Unidos y Norte de México
Physalis subgénero Rydbergis	60	Nuevo mundo comunmente México Desde Estados Unidos a América Central
Sección Angulatae	10	México
Sección Campanulae	2	México
Sección Carpenterianae	1	Sureste de Estados Unidos
Sección Coztomatae	11	México
Sección Epeteiorhiza	14	Estados Unidos a América Central
Sección Lanceolatae	14	Estados Unidos y México
Sección Rydbergae	2	México
Sección Viscosae	6	Estados Unidos a Sudamérica
Sección Tehuacanae	1	México

El género *Physalis* se ubica en la subfamilia Solanoideae y en la tribu Solanae. Es reconocido por su cáliz acrescente en el fruto, aunque otros géneros tienen esta característica (*Chamaesaracha*, *Leucophysalis*, *Deprea* y *Larnax*) pero difieren en la forma de la corola, hábito o detalles de la inflorescencia. El género es considerado como cosmopolita aunque es nativo a América. Su centro de diversidad es México con 70 especies, muchas de las cuales son endémicas. Algunas especies han sido cultivadas: en México *Physalis philadelphica* Lam., en los Andes *Physalis peruviana* L. y en los Estados Unidos *Physalis grisea* (Waterf.) Martínez. En China *Physalis alkekengi* L. es usada como ornamental y medicinal (Martínez, 1988). En el Cuadro 1 se observan el número de

especies por género, subgénero y sección de *Physalis* en diferentes regiones de México y el mundo.

Para el Estado de Jalisco, se registraron 35 especies (Cuadro 2). Cuatro de ellas son endémicas: *Physalis lignenses*, *P. longipedicellata*, *P. longiloba* y *P. tamayoi* (Vargas *et al.*, 2008). Así mismo en un estudio de diversidad de la familia Solanaceae para el Estado de Jalisco se menciona la existencia de 35 especies para el género *Physalis* y todas las 8 para la sección Angulatae (*Physalis acutifolia* (Miers) Sandwith, *Physalis ampla* Waterf., *Physalis angulata* L., *Physalis lagascae* Roem. & Schult., *Physalis microcarpa* Urb. & Ekman, *Physalis philadelphica* Lam., *Physalis solanacea* (Schltdl.) Axelius, *Physalis sulphurea* (Fernald) Waterf.) (Cuevas-Arias *et al.*, 2008).

Recientemente, se han descrito varias especies nuevas para el género *Physalis*, tales son los casos de *Physalis waterfalli*, para los Estados de Jalisco y Michoacán (Vargas-Ponce *et al.*, 1999); *Physalis queretaroensis* para Querétaro (Martínez y Hernández, 1999); *Physalis longiloba* y *Physalis tamayoi* para el Estado de Jalisco (Vargas *et al.*, 2001).

Existen pocos estudios citogenéticos para el género *Physalis*. Los trabajos de Menzel (1951) y Sudhakaran y Ganapathi (1999) describen especies con número cromosómico diploide ($2n=24$) y tetraploide ($4n=48$); de éstas últimas se han descrito muy pocas (*P. angulata*, *P. peruviana* y *P. minima*). Se caracterizó el cariotipo de cinco ecotipos de *Physalis peruviana* L., tres silvestres y dos cultivados. Se encontró variabilidad genética entre los ecotipos evaluados. Los ecotipos silvestres presentaron una dotación cromosómica $2n=24$, el ecotipo Colombia $2n=32$ y el ecotipo Kenia $2n=48$ (Rodríguez y Bueno, 2006).

La sistemática y filogenia de Solanaceae ha sido estudiada por varios autores. Por ejemplo, Olmstead y Palmer (1991) indican que la familia es considerada monofilética basada en caracteres morfológicos y moleculares de DNA de cloroplastos. La familia ha sido dividida en dos grupos: Cestroideae que presentan cápsula y semillas subglobosas y prismáticas (*Brunfelsia*, *Petunia*, *Cestrum* y *Nicotina*) y Solanoideae que tienen bayas, cápsulas y semillas discoideas (*Solanum*, *Capsicum*, *Lycianthes*, *Datura*, *Physalis*, *Lycium*, *Atropa* y *Mandragora*) (Judd *et al.*, 2002).

La diversidad floral y de frutos ha sido ampliamente estudiada, las diferencias en la arquitectura empieza a ser aparente después de la polinización/fertilización. El cáliz de *Solanum tuberosum* permanece pequeño durante el desarrollo del fruto y los cálices de *Physalis* crecen y encapsulan a la baya madura; esto se conoce como Síndrome del cáliz inflado. Se encontró una influencia de hormonas como citoquininas y giberelinas en especies del género *Physalis* pero no de otras especies de los géneros: *Capsicum*, *Lycianthes* y *Tubocapsicum*, *Witheringia* y *Vassobia* (Sullivan, 1991).

Las relaciones filogenéticas para el género *Physalis* muestran que es un grupo monofilético dentro de la Subtribu Physalinae, y que éste junto con los géneros como *Tzeltalia*, *Leucophysalis* y *Witheringia* son mayormente americanos (Whitson y Manos, 2005; Olmstead *et al.*, 2008). La hibridación entre especies de *Physalis* ha sido planteada por varios autores, pero casos documentados en campo son raros. Existe evidencia de hibridación exitosa dentro de las especies de *Physalis* en cruas artificiales (Whitson y Manos, 2005).

2.4 Morfología

Las especies de *Physalis* son plantas son anuales o perennes, herbáceas, algunas sufrutescentes, raramente arbustivas, de unos pocos centímetros a 3 m de alto, erectas, procumbentes, postradas o extendidas. Presentan estructuras rizomatosas en algunas especies. Las especies son glabras o pubescentes, los tricomas largos o cortos, simples a ramificados o estrellados, a veces glandulares, frecuentemente más de un tipo entre mezclados en la misma planta, por lo común víscidas y con olor fétido. Los tallos presentan ramificación dicotómica; son cilíndricos, lisos, poco angulados; en algunas especies llegan a enraizar en los nudos basales. Hojas pecioladas, alternas, solitarias, pero a veces dos o aún tres aparentemente juntas debido a la reducción de los entrenudos, láminas foliares generalmente ovadas, en ocasiones orbicular lanceoladas o linear lanceoladas, el margen entero repando, sinuado, aserrado o dentado. Flores pediceladas generalmente solitarias en las axilas de las hojas, a veces varias y fasciculadas, raramente en falsos racimos. Las corolas son por lo general campanulado-rotáceas, con el limbo más o menos reflejo, raramente tubular expandidas, urceoladas; de color amarillo, amarillo verdoso o amarillo crema, blanco o púrpura, con cinco máculas contrastantes ubicadas por encima del cuello de la corola, sólidas, o cada una formada por varios puntos separados; el color varía de color café rojizo, púrpura a guinda, a veces el color de las manchas no contrasta fuertemente con la corola observándose de color amarillo, verde-amarillento, verde-oliváceo, con tonalidades rosadas o escasamente bien ausentes; presentan cinco estambres, anteras con dehiscencia longitudinal, oblongas a linear-oblongas a ovadas, púrpuras, azules, azul-verdosas, azules con una línea amarilla o amarillas, filamentos filiformes; ovario con un estilo filiforme, estigma claviforme, algunas veces capitado. El cáliz en el fruto es acrescente, inflado vesicular, cubre por completo a la baya durante la fructificación, 5-angulado o 10-costillado, con cinco ángulos más prominentes o cilíndrico, de 0.80 a 6

cm de largo, en la mayoría de las especies de 1-2.5 cm de ancho; lóbulos del cáliz ovados, lanceolados, deltoides o angostamente triangulares, el ápice agudo, corto acuminado, subulado o caudado subulado. El fruto es una baya, de color blanquecino, verde, amarillo, anaranjado o púrpura, de 0.8-1.5 cm de diámetro en especies silvestres y hasta 6 cm en el tomate cultivado; semillas numerosas, reniformes, amarillas o de color café dorado, de 1.2 a 2 mm de diámetro (Vargas *et al.*, 2003; y Santiaguillo *et al.*, 2009).



Figura 1. Corola con maculas en *Physalis*



Figura 2. Fruto envuelto por el cáliz acrescente en *Physalis*

2.4.1 *Physalis acutifolia* (Miers emend. Sandwith) Sandwith

Herbácea anual, erecta, ramificada, extendida, hasta de 1 m de alto, glabra. **Tallo** cilíndrico, liso. **Hojas** alternas, limbo de 2.8-10.7 (-12.6) cm de largo, 1.1-4 (-6.7) cm de ancho, lanceolado, ápice agudo a atenuado, base oblicua o cuneada, decurrente, con alas poco elevadas, margen sinuado dentado a aserrado, los dientes agudos; pecíolo de 1.1-4 (-7.5) cm de largo. **Flor** solitaria; botones esféricos, cerca de 3 mm de largo, glabros; pedicelo en flor de 1.8-4.1 (-6) cm de largo; cáliz de 4-7 mm de largo y de 3-5 mm de ancho en la base de los lóbulos, dividido a la mitad en lóbulos de 2-3 mm de largo, triangulares, ápice agudo a acuminado. **Corola** amarilla clara a blanquecina, de 6-10 mm de largo, 7-17 mm de diámetro, campanulada, angosta a extendida, no refleja, máculas simples, palidecen hacia el borde, verdosas a de color café, traslúcidas en ejemplares de herbario. Estambres con anteras de 1.5- 3 mm de largo, azules, el conectivo amarillo, en ocasiones retorcidas después de la dehiscencia, filamento de 3-4 mm de largo. Ovario con un estilo hasta de 7 mm de largo, estigma capitado. **Cáliz** 10-costato en el fruto, casi redondo, glabro, las venas muy gruesas, algo coriáceo, péndulo,

con tonalidades púrpuras en la base, de 2-3.4 cm de largo, 1.6-2.4 cm de ancho, lóbulos triangulares cortamente acuminados, hasta de 6.5 mm de largo, pubescente sólo en los acúmenes de los lóbulos, pedicelo en fructificación de 1.1-4 cm de largo. **Fruto** una baya hasta de 1.5 cm de diámetro (Vargas *et al.*, 2003).

Distribución: EUA, del sur de California hasta Texas; México. Ags., B.C., Chih., Col., Jal., Mich., Nay, Sin., Son., Zac. (Vargas *et al.*, 2003).

Altitud: Se desarrolla de 500 a 1 500 m. (Vargas *et al.*, 2003).

Hábitat: *Physalis acutifolia* habita en laderas con rocas volcánicas o asociada a bancos arenosos y riachuelos, en vegetación costera espinosa, matorral tropical caducifolio o manglar, por lo general como maleza. Crece en ambientes de climas secos y altas temperaturas, a lo largo de la vertiente del Pacífico (Vargas *et al.*, 2003).

Fenología: Florece y fructifica de septiembre a marzo (Vargas *et al.*, 2003).

Observaciones: La especie se caracteriza por las hojas lanceoladas aserradas, pedicelos largos en flor y fruto y la redondez y textura coriácea del cáliz en el fruto. Se puede confundir con *Physalis angulata* porque en las dos el borde de las hojas es sinuado dentado a aserrado, con dientes angostos; sin embargo, *P. angulata* tiene los pedicelos en la flor y fruto cortos, no mayores de 1 cm de largo, y el cáliz en el fruto no es coriáceo, en lo que difiere de la especie descrita. Los ejemplares examinados presentan la corola pequeña y angosta, *ca.* de 7 mm de diámetro y en general se encuentran asociados a manglar, con excepción de los especímenes revisados de Sinaloa con las corolas más grandes y extendidas (Vargas *et al.*, 2003).



Figura 3. *Physalis acutifolia*

2.4.2 *Physalis ampla* Waterfall

Herbácea anual, erecta, ramificada, hasta de 60 cm de largo, en las partes jóvenes provista con tricomas simples, blanquecinos, divaricados. Tallo un poco anguloso, pubescente en la base. Hojas alternas, limbo de 2.2-5.6 (-10) cm de largo, 1.1-2.7 (-3.7) cm

de ancho, ovado lanceolado, ovado a ovado suborbicular, ápice agudo, la base oblicualigeramente decurrente, el margen entero, en la juventud ornamentados con tricomas en la superficie, bordes y venas principales, después glabrescentes; pecíolo de 3 cm de largo. **Flores** solitarias; botones florales pubescentes; pedicelo en flor de 2-4 mm de largo; cáliz de 3-6 mm de largo, 5-lobado, los lóbulos deltoides, de 2 mm de largo, piloso pubescentes, los tricomas largos, blanquecinos. **Corola** amarilla clara, de 5-6 mm de largo, 5-6 mm de diámetro, campanulada, immaculada o las máculas de color guinda. Estambres con anteras azules, de 1-1.2 mm de largo, filamento de 7 mm de largo. Ovario con un estilo de 4 mm de largo, estigma capitado. **Cáliz** 10-costato en el fruto, de 1.8-2.2 cm de largo, 1.1-1.5 cm de ancho, las costillas con algunos dientes y sobre ellos tricomas largos, divaricados, simples, las costillas con frecuencia de tonos violáceos; pedicelo en fructificación de 5-6 mm de largo. **Fruto** una baya *ca.* de 10 mm de diámetro (Vargas et al., 2003).

Distribución: México: conocida solo de Sinaloa y Oaxaca, se registra ahora en Gto., Jal. y Nay. (Vargas et al., 2003).

Hábitat: Se desarrolla como vegetación secundaria, ruderal o arvense asociada a cultivos de maíz, pastizales y bosque tropical caducifolio (Vargas et al., 2003).

Fenología: Florece y fructifica de agosto a octubre (Vargas et al., 2003).

Observaciones: *Physalis ampla* se caracteriza por las costillas del cáliz en el fruto ciliodentadas, así como corolas pequeñas casi immaculadas. Se puede confundir con *P. lagascae* porque en las dos el cáliz en la flor es pubescente con tricomas divergentes, blanquecinos y en el fruto el cáliz es 10-costato y pequeño. Sin embargo, *P. lagascae* presenta corolas con máculas púrpuras oscuras, con forma triangular y las costillas del

cáliz en el fruto son lisas, glabras o con muy pocos tricomas, pero éstos nunca sobre dentículos o lamelaciones. *Physalis ampla* habita en simpatria con *P. philadelphica* pero esta última tiene el cáliz en el fruto con costillas inconspicuas o es casi liso y glabro, las corolas son más grandes y las anteras son contortas después de la dehiscencia, atributos que la distinguen de la especie aquí comentada. *Physalis ampla* es en realidad bastante común y al incrementarse el trabajo de campo con seguridad se ampliará el área de distribución (Vargas et al., 2003).



Figura 4. *Physalis ampla*

2.4.3 *Physalis angulata* L.

Herbácea anual, erecta a extendida, hasta de 60 cm, ramificada, pubescente en las partes jóvenes y cálices floríferos, los tricomas simples, muy cortos o cerca de 1 mm de largo, divaricados, blancos. **Tallo** anguloso, glabro o glabrescente. **Hojas** alternas, limbo de 2.5-9 cm de largo, 1.6-4.5 cm de ancho, ovado, el tercio superior atenuado, ápice agudo, base oblicua o cuneada, margen aserrado o sinuado aserrado, los senos hasta de 5 mm de profundidad; pecíolo de 0.6-4.4 cm de largo. **Flor** solitaria; botones ovoides, de 3 mm de largo; pedicelo en flor de 4-5 (-8) mm de largo; cáliz de 3-4 mm de largo y de

2.5-3 mm de ancho en la base de los lóbulos, éstos cortos, de 1-2 mm de largo, triangulares. **Corola** amarilla, campanulada, no extendida, pequeña, de 5 mm de largo, 5-8 mm de diámetro, máculas simples, púrpuras, claras al secar, *ca.* de 1 mm de largo. Estambres con anteras azules o amarillas, de 1-1.2 (-2.5) mm de largo, filamento púrpura. Ovario con un estilo corto, de 2 mm de largo, estigma capitado. **Cáliz** 10-costato o globoso en el fruto, las costillas incospicuas, de 1.4-3.5 cm de largo, 1.4-2.6 cm de ancho, lóbulos triangulares, ápice agudo, de 3-4 mm de largo; pedicelo en fructificación de 6-10 mm de largo, con pubescencia corta. **Fruto** una baya de 11-13 mm de diámetro (Vargas et al., 2003).

Distribución: EUA, México hasta Panamá, Sudamérica, Las Antillas y en el Viejo Mundo. En México: Ags., B.C., Camp., Chis., Col., Dgo., Edo. de Méx., Gto., Jal., Mich., Nay., Qro., Sin., Tab., Ver. (Vargas et al., 2003).

Altitud: Crece desde el nivel del mar hasta los 2 400 m. (Vargas et al., 2003).

Hábitat: Prospera como arvense asociada a cultivos de maíz o arroz, a orillas de ríos, en pastizales o márgenes del bosque de pino-encino o bosque tropical caducifolio (Vargas et al., 2003).

Fenología: Florece y fructifica de junio a noviembre, aunque también se le ha encontrado en marzo con frutos (Vargas et al., 2003).

Observaciones: *Physalis angulata* se caracteriza por los tallos angulosos, las hojas ovadas con el borde aserrado, los dientes agudos y el ápice atenuado, así como por las corolas pequeñas y el cáliz globoso y grande en el fruto. Se puede confundir con *P. philadelphica* que también posee el cáliz globoso en el fruto y algunas veces las hojas dentadas. Sin

embargo, la segunda se distingue con facilidad por presentar las anteras contortas después de la dehiscencia y los tallos redondos. Waterfall (1958) reconoce dos variedades de la especie, *Physalis angulata* var. *angulata* y var. *lanceifolia* con base en diferencias del largo y ancho de las hojas y corolas. El taxón se trata en sentido amplio y no se reconocen las variedades, por considerar que los caracteres mencionados corresponden a la variación normal, ya que se trata de una especie malezoide y de amplia distribución. Cabe señalar que al revisar los ejemplares de herbario se detectó confusión en la determinación de especímenes que corresponden a *P. acutifolia*, y que han sido identificados como *P. angulata* var. *lanceifolia*, por sus corolas pequeñas y angostas. Sin embargo, no se consideraron los pedicelos largos de la flor y del fruto que son rasgos diagnósticos de *P. acutifolia*, por lo que deben tomarse en cuenta al observar los ejemplares a determinar (Vargas et al., 2003).



Figura 5. *Physalis aingulata*

(https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/51Y-Yi%2BPZiL._SY355_.jpg)

2.4.4 *Physalis lagascae* Roem. & Schult.

Herbácea anual, erecta, ramificada, de 15-70 cm, las partes jóvenes con tricomas adpresos, blanquecinos. **Tallo** costillado, con algunos tricomas esparcidos y a veces muy densos en la base. **Hojas** algunas veces geminadas, la menor 1/3 más pequeña que la mayor, limbo de 2.6-7 cm de largo, 1.3-4.2 cm de ancho, ovado a suborbicular ovado, ápice acuminado, base oblicua a subcordata, finamente decurrente, margen entero a sinuado lobado, los lóbulos poco profundos; pecíolo de 1.3- 4.6 (-8) cm de largo, por lo general de mayor longitud que el limbo. **Flores** solitarias; botones turbinados, con cinco líneas marcadas y pubescentes, los tricomas blanquecinos; pedicelo en flor de 3-8 mm de largo; cáliz pequeño, de 3-5 mm de largo, dividido cerca de su mitad en lóbulos ovados, agudos, pubescente, los tricomas blancos, simples. **Corola** amarilla, pequeña, de 5-7 mm de largo, de 6-8 mm de diámetro, campanulada, rotada a pentagonal, el cuello pubescente, máculas simples, casi negras, triangulares, *ca.* 1 mm de largo. Estambres con anteras amarillas o azules al secar, de 2 mm de largo, filamento corto de 2 mm de largo. Ovario con un estilo de 5-10 mm de largo, sobresale dos veces la longitud de la corola, estigma claviforme. **Cáliz** 10- costato en el fruto, de 1.2-2 cm de largo, 1.2-2 cm de ancho, glabro o con muy pocos tricomas, lóbulos triangulares; pedicelo de 4 mm de largo. **Fruto** una baya *ca.* de 10 mm de diámetro (Vargas et al., 2003).

Distribución: Desde México hasta Panamá y Las Antillas. Probablemente introducida al Viejo Mundo. México: Ags., Chih., Chis., Col., Dgo., Edo. de Méx., Gro., Gto., Jal., Mich., Mor., Nay., N.L., Oax., Pue., Qro., Q. Roo, Sin., Ver., Yuc. (Vargas et al., 2003).

Altitud: Crece en un intervalo altitudinal de 0-2 100 m, aunque con mayor frecuencia en altitudes menores a los 800 m. (Vargas et al., 2003).

Hábitat: La especie se encuentra generalmente en vegetación secundaria, arvense o ruderal, en pastizales o asociada al bosque tropical caducifolio (Vargas et al., 2003).

Fenología: Florece y fructifica desde junio hasta diciembre (Vargas et al., 2003).

Observaciones: *Physalis lagascae* se caracteriza por los individuos pilosos, con gran densidad de tricomas en la base del tallo. En campo la especie se reconoce fácilmente por la presencia de tricomas simples, blancos y muy conspicuos en botones y cálices floríferos, así como corolas pequeñas con máculas triangulares y oscuras, contrastantes. Por su parte el cáliz en el fruto es globoso y pequeño, con las costillas lisas y pilosas. *Physalis lagascae* se puede confundir con *P. solanaceus* porque las dos especies son similares en el tamaño y forma del cáliz en el fruto y la forma de las hojas; sin embargo, *P. solanaceus* se distingue por las corolas urceoladas y púrpuras. *Physalis lagascae* tiene también similitud con *P. microcarpa*; para ver las diferencias léase la discusión bajo esta última (Vargas et al., 2003).



Figura 6. *Physalis lagascae*

2.4.5 *Physalis microcarpa* Urb. & Ekman

Herbácea anual, erecta, ramificada, de 12-40 cm de alto, pubescencia glabra o con pocos tricomas simples. **Tallo** liso, cilíndrico. **Hojas** alternas, limbo de 1.4-3.8 (-6) cm de largo, 0.4-1.1 (-1.6) cm de ancho, lanceolado a ovado, ápice agudo, base oblicua, margen entero; pecíolo de 0.8-1 (-2.5) cm de largo. **Flor** solitaria; botones ovoides, *ca.* de 2 mm de largo; pedicelo en flor de 2-4 (-6) mm de largo; cáliz pequeño, *ca.* de 1.5 mm de largo, lóbulos deltoides. Corola blanquecina, de 3-3.5 mm de largo y de 2 mm de diámetro, campanulada a tubular, ápice del limbo constricto, oculta los estambres, inmaculada. Estambres con anteras azules, de menos de 1 mm de largo, filamento corto, menor a 1 mm de largo. Ovario con un estilo de 4 mm de largo, estigma claviforme. **Cáliz** 10-costato en el fruto, de 11-15 mm de largo, 7-10 mm de ancho, lóbulos de 3 mm de largo, deltoides, en ejemplares prensados se abren hasta 6 mm de largo; pedicelo en fructificación corto, de 4-5 mm de largo. **Fruto** una baya *ca.* de 7 mm de diámetro (Vargas et al., 2003).

Distribución: desde el centro de México hasta Honduras y Las Antillas. México: Chis., Edo. de Méx., Jal., En México la especie ha sido poco recolectada, sin embargo, su área de distribución podría ser mayor a la conocida hasta ahora, ya que en los viajes al campo que se hicieron se localizó desde el Estado de México hasta Jalisco (Vargas et al., 2003).

Altitud: Crece en un intervalo altitudinal de 750 a 1 400 m. (Vargas et al., 2003).

Hábitat: Se desarrolla en lugares húmedos cercanos al bosque de pino-encino en vegetación secundaria, en los márgenes y dentro de cultivos de maíz (Vargas et al., 2003).

Fenología: Florece y fructifica en agosto (Vargas et al., 2003).

Observaciones: La especie se caracteriza por el aspecto frágil y su talla pequeña, hojas lanceoladas, angostas, cáliz en el fruto globoso, glabro y casi transparente y corolas blancas diminutas, immaculadas, angostas, casi tubulares, no mayores de 4 mm de longitud. *Physalis microcarpa* se puede confundir con *P. lagascae*, porque las dos tienen pedicelos cortos y cáliz en el fruto pequeño. Sin embargo, la segunda presenta corola amarilla con máculas oscuras y el cáliz en el fruto y la base del tallo son pilosos (Vargas et al., 2003).



Figura 7. *Physalis microcarpa*

2.4.6 *Physalis philadelphica* Lam

La planta anual *P. philadelphica* está bien separada de otras especies de *Physalis*, la mayoría de las cuales son perennes; entre las diversas especies congéneres con corolas rotadas, el tomate se distingue por su pedúnculo más corto que el cáliz, su "pilosidad dispersa" y sus anteras azules (Hudson, 1983). **Herbácea** anual, erecta, ramificada, extendida, hasta de 1 m de alto, glabra, las partes jóvenes con algunos tricomas simples, cortos, menores de 1 mm de largo. **Tallo** cilíndrico, liso, glabro. **Hojas** alternas, limbo de 3.7-7.9 mm de largo, 1.5-4.5 cm de ancho, ovado a lanceolado ovado, ápice agudo, base oblicua, cuneada a truncada, margen entero a dentado, los dientes agudos, cortos; pecíolo de 1-2.5 cm de largo. **Flor** solitaria; botonesovoides, de 3-5 mm de largo; pedicelo en flor de 7-9 mm de largo; cáliz de 4-7 mm de largo, dividido cerca de la mitad en lóbulos deltoides u ovados, por lo común con tonalidades púrpuras oscuras. **Corola** amarilla, de 0.9-1.6 cm de largo, 1-2 cm de diámetro, el cuello pubescente, máculas simples, púrpuras a azules claras en ejemplares de herbario, de 2-4 mm de largo. Estambres con anteras azules, convolutas después de la dehiscencia, de 2.5-3 mm de largo, filamento púrpura, de 2-3 mm de largo. Ovario con un estilo hasta de 10 mm de largo, estigma claviforme. **Cáliz** globoso o con diez líneas tenues en el fruto, muy inflado sobre la baya, de 1-2.7 cm de largo, 1-2.5 cm de ancho, de color verde con tonalidades púrpuras en la base, glabro; pedicelos en fructificación hasta de 1.2 cm de largo. **Fruto** una baya hasta de 1.5 cm de diámetro (Vargas *et al.*, 2003).

La descripción morfológica de *Physalis philadelphica* Lam. var. *philadelphica* es la siguiente (García, 1985): planta herbácea anual de 15-60 cm de alto, glabra o en ocasiones con pelos esparcidos; peciolo de 0.4-6.5 cm de largo, hojas ovadas de 2-8.2 cm de largo por 1-6 cm de ancho, ápice agudo alígeramente acuminado, con márgenes

toscas e irregularmente dentados, con 2 a 6 dientes en cada lado, base atenuada; pedúnculos de 0.7-1.0 cm de largo, lóbulos del cáliz de forma ovada de 0.7-1.3 cm de largo, hirsutos; corola de 0.8-2.3 cm de diámetro, amarilla que puede presentar manchas de azul verdosino que no contrastan fuertemente, o bien manchas de color morado; anteras azules o de color azul verde, de 0.2-0.35 cm de largo, generalmente retorcidas después de la dehiscencia; cáliz del fruto de 1.8-4.3 cm de largo por 2.5-6.0 cm de ancho, con 10 costillas baya de 1.6-6.0 cm de diámetro, pedúnculos de 0.6-1.0 cm de largo. De EE. UU a Costa Rica y las Antillas, aunque en muchas partes probablemente escapada de cultivo. *P. philadelphica* Lam. var. *philadelphica*. Planta con pelos largos más o menos abundantes, sobre todo en los sépalos y pedúnculos.



Figura 8. *Physalis philadelphica*

Distribución y aspectos ecológicos: Introducida en USA y Centro América hasta Panamá. México: En todo el país. Altitud: Crece desde el nivel de mar hasta los 2 300 m. (Vargas *et al.*, 2003).

Hábitat: Se desarrolla como ruderal, asociada a diversos tipos de vegetación o como arvense (Vargas *et al.*, 2003). En él se mostró que la especie se distribuye ampliamente en gran parte del territorio nacional, pero predominantemente en una gruesa franja al oeste, sur oeste y centro del país. Su distribución incluye gran parte de los estados de Chihuahua, Durango, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca, Estado de México, Distrito Federal, Morelos, Puebla, Guerrero, Aguascalientes, Tlaxcala y Zacatecas y una menor proporción de Chiapas, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Colima, Tamaulipas, San Luis Potosí, Veracruz y Nuevo León, evitando las costas y la cuenca del Río Balsas. Se obtuvo una baja probabilidad de encontrar a *Physalis philadelphica* en los estados de Baja California, Baja California Sur, Coahuila, Campeche, Tabasco, Yucatán y Quintana Roo. La especialista en el género Mahinda Martínez, revisó el mapa de distribución pontencial resultante y coincidió con las zonas predichas, no obstante, aclaró que para el caso particular del estado de Campeche, aunque el mapa predice ciertas zonas, nunca ha observado a *Physalis philadelphica* en ellas, por lo cual se sugiere una revisión a este respecto (Álvarez *et al.*, 2005).

El género *Physalis* comprende de alrededor de 90 especies; de éstas, más de la mitad crecen en el país y 46 son endémicas del mismo. Alrededor de 39 se encuentran tan sólo en Jalisco y sus estados vecinos, Michoacán, Guanajuato, Zacatecas, Aguascalientes, parte de Durango, Colima y Nayarit (Vargas *et al.*, 2003), una región antes conocida como Nueva Galicia; esta zona parece ser sumamente propicia para el crecimiento de una importante proporción de los integrantes del género *Physalis* y el

mapa de distribución potencial predicho para *Physalis philadelphica* la incluye ampliamente (Vargas *et al.*, 2003).

Domesticación de *Physalis philadelphica*: A partir de la diversidad de plantas que se encuentran normalmente en estado silvestre los pueblos indígenas de México han aprovechado plantas hasta domesticarlas siguiendo las siguientes fases: a) Recolección sistemática de los frutos; b) Conservación sistemática del hábitat donde crecen; c) Promoción del crecimiento de las plantas; d) Protección de la planta y eliminación sistemática de los competidores y depredadores de la misma (Caballero *et al.*, 1998; Casas *et al.*, 2007). Históricamente, fue después de este proceso que se comenzó el cultivo propiamente dicho de las plantas, y es entonces cuando se puede observar el desarrollo de los caracteres del síndrome de domesticación planteados por Zohary (1999), relacionados con los cambios en los frutos y semillas y la reducción/pérdida de los síndromes de dispersión. De acuerdo con Casas y colaboradores (1996, 2007) en México aún se encuentran localidades y poblaciones en las que *Physalis philadelphica* se encuentra en las fases *c* y *d* previas a la domesticación. De este modo, el escenario para esta especie es complejo, pues, tal y como ha señalado McClung (1992) y Pickersgill (2007), la domesticación de plantas en Mesoamérica se dio más de una vez y en el caso de algunas plantas como el chile, se ha sugerido la posible existencia de múltiples eventos de domesticación (Aguilar-Meléndez *et al.*, 2009).

La presencia de poblaciones silvestres de una especie cultivada es un elemento que permite dilucidar el área donde probablemente fue domesticada (Vavilov, 1927, 1994 [1931]). Este argumento se fortalece cuando se encuentra evidencia *in vivo* del proceso de domesticación a partir de esas poblaciones silvestres. En el caso de *Physalis philadelphica*, que en zonas como la mixteca baja en Oaxaca o en la Montaña de

Guerrero, se presentan hoy en día un gradiente que va de poblaciones silvestres a poblaciones manejadas (Casas *et al.*, 1996).

La evidencia etnobotánica obtenida, entre los nahuas y mixtecos en el sur de México, sugiere dos posibilidades: por una parte, brinda una idea aproximada de la manera en que *Physalis philadelphica* fue domesticada en el pasado. Por otra, nos habla de que, de manera concordante con la complejidad generalizada del proceso de domesticación en Mesoamérica (Pickersgill, 2007), esta planta habría sido domesticada en México más de una vez, lo cual es congruente con la evidencia acumulada para otras especies de origen mexicano como *Capsicum annum* (Aguilar-Meléndez *et al.*, 2009).

En relación a los cambios que *Physalis philadelphica* presenta como resultado de la domesticación, el trabajo de Montes (1989) resulta de particular interés. En dicho estudio se analizó las características morfológicas de las plantas de tomate verde provenientes de diferentes localidades del centro de México: variedades arvenses (fases *c* y *d sensu* Caballero *et al.*, 1998) colectadas en Jalisco y Chihuahua; variedades criollas de consumo local provenientes del Estado de México, Guanajuato, Jalisco y Morelos; y variedades mejoradas provenientes de Morelos. Montes (1989) concluyó que el proceso de domesticación debió iniciarse fuera de la milpa, y que la introducción de *Physalis philadelphica* al sistema milpa estuvo aparejada al proceso de modificación morfológica de la planta. Entre las modificaciones más importantes están: 1) frutos más grandes y pesados, en menor número por planta, con pulpa más verde y con cáliz más pequeños que el fruto; 2) mayor tamaño floral; 3) plantas con menor número de nudos en la primera bifurcación, tallo verde, menor número de dientes por hoja, menor número de ramificaciones. Montes (1989) señala que la domesticación ha tendido a incrementar el tamaño foliar, el grosor del tallo, la altura de la planta y el peso total de frutos por

planta. Si bien la germinación de la semilla, que es uno de los caracteres indicadores de la domesticación según Zohary (1999) no mostró modificaciones, el tamaño del fruto y su coloración (ambos caracteres estrechamente ligados con el síndrome de dispersión de la planta) sí presentan modificaciones importantes.

Lo más importante en el estudio de Montes (1989) a efectos de tener una idea de la localización del centro de domesticación de *Physalis philadelphica* es que se registra un gradiente morfológico entre las diferentes variedades de tomate. Dicho gradiente morfológico corroboró un proceso gradual de domesticación que, nuevamente, se ajustaría bien al modelo de Caballero *et al.* (1998). Así el más amplio estudio comparativo de la morfología de *Physalis philadelphica* en relación a la domesticación con que se cuenta hasta el momento, aporta también evidencia de que la domesticación del tomate verde ha ocurrido y ocurre actualmente en el territorio mexicano.

Altitud: Crece desde el nivel de mar hasta los 2 300 m. (Vargas *et al.*, 2003).

Hábitat: Se desarrolla como ruderal, asociada a diversos tipos de vegetación o como arvense. (Vargas *et al.*, 2003).

Fenología: Florece y fructifica principalmente después del periodo de lluvias, sin embargo, se examinaron ejemplares con flores en marzo. (Vargas *et al.*, 2003).

Observaciones: *Physalis philadelphica* por su tendencia malezoide es la especie de mayor distribución en el país. Además se cultiva en algunas regiones de Mexico para consumo. El taxón se caracteriza por el cáliz globoso en el fruto, corolas con máculas simples, las

anteras convolutas y borde de las hojas con dientes cortos. Se puede confundir con *P. angulata*. (Vargas *et al.*, 2003).

Variedades de tomate de cascara

La variedad CAÑON proviene del Cañón de Juchipila, Zacatecas y toma su nombre por esa razón. Se distribuye en los estados de Jalisco, Michoacán y Zacatecas, es una variedad que se siembra principalmente en traspatio y que presenta frutos con vida de anaquel intermedia. Son plantas de porte erecto con hojas medianas, anchas de color verde claro y flores pequeñas; sus frutos son firmes, pequeños (aproximadamente 1.5 cm de diámetro), de color verde pálido, con dos lóculos y bajo número de semillas. En general presenta fuerte adherencia del cáliz y cobertura completamente cerrada (Sánchez y Peña, 2007).

La variedad DIAMANTE surge como híbrido entre las variedades CHF1 CHAPINGO y PUEBLA SM3, presenta una vida corta de anaquel con frutos de color verde, tamaño grande y precoz. Se adapta a las condiciones climáticas de la región Valles Altos en el ciclo primavera – verano y su nombre deriva de la brillantez del color del fruto. Es una variedad mejorada por selección que iniciará los trámites para la obtención del Título de Obtentor. Es una planta precoz de porte semierecto con hojas elípticas de color verde y flores de tamaño medio; sus frutos son grandes con tres lóculos, verdes y de firmeza media con cobertura del cáliz completamente cerrada. Presenta semillas grandes de color amarillo pardo (Sánchez y Peña, 2007).

La variedad KUALI proviene de Maravatio, Michoacán y toma su nombre del nahuátl que significa “bueno”, sus frutos tienen sabor dulce, con una larga vida de anaquel, en general es una variedad para sembrarse en altitudes mayores a los 2000

m.s.n.m. en los estados de Jalisco y Michoacán. Son plantas de porte semierecto con hojas cortas y estrechas de color verde amarillento y flores pequeñas; sus frutos son firmes, redondos, de color verde pálido con dos lóculos y bajo número de semillas. En general presentan fuerte adherencia del cáliz y cobertura completamente cerrada (Sánchez y Peña, 2007).

La variedad KUII proviene de Cotija, Michoacán y toma su nombre del mixteco que significa "verde". Presenta frutos con vida de anaquel intermedia y se distribuye en Zamora y Cotija, Michoacán. Son plantas de porte erecto con hojas medianas, anchas, verdes y flores pequeñas; sus frutos son firmes, pequeños (aproximadamente 1.5 cm de diámetro), verdes pálidos, con dos lóculos y bajo número de semillas amarillo pardo. En general presenta fuerte adherencia del cáliz y cobertura completamente cerrada (Sánchez y Peña, 2007).

La variedad MANZANO TEPETLIXPA es un material de frutos dulces y de color amarillo que se distribuye principalmente en el estado de Morelos (Cuautla) y el Valle de Toluca. Su nombre deriva del poblado donde fue colectado el material original (Tepetlixpa, Estado de México). Es una variedad mejorada por selección que iniciará los trámites para la obtención del Título de Obtentor. Es una planta precoz, de porte erecto, con hojas elípticas de color verde y flores de tamaño medio; sus frutos son grandes, con tres lóculos, amarillos y de firmeza media, con cobertura del cáliz completamente cerrada y acostillado. Presenta semillas medianas de color amarillo pardo (Sánchez y Peña, 2007).

La variedad MILLI proviene de Pajacuarán, Michoacán y toma su nombre del náhuatl que significa "milpa". Presenta frutos con vida de anaquel intermedia y se

distribuye en los estados de Jalisco y Michoacán (en la zona de la Ciénega de Chapala) Son plantas de porte semierecto con hojas medianas, anchas y de color verde con flores pequeñas; sus frutos son firmes, pequeños (aproximadamente 1.0 cm de diámetro) de color verde claro, pulpa blanca con dos lóculos y con cobertura de cáliz completamente cerrada (Sánchez y Peña, 2007).

La variedad MILPERO TETELA presenta una larga vida de anaquel, se distribuye principalmente en los estados de Morelos e Hidalgo, sus frutos son verdes y pequeños; su nombre proviene del lugar de colecta del material original (Tetela del Volcán, Morelos) y por sus características en la cocina alcanzan en el mercado mayores precios que los del tomate común. Es una planta de porte postrado con hojas elípticas de color verde intenso y flores pequeñas; sus frutos son pequeños con tres lóculos, de firmeza media y de color verde claro con cobertura del cáliz completamente cerrada y no acostillado (Sánchez y Peña, 2007).

La variedad NIKAN proviene de Tingüindín, Michoacán y toma su nombre del nahuátl que significa “aquí”. Presenta frutos con vida de anaquel intermedia y se distribuye en Uruapan y Tingüindín, Michoacán. Son plantas de hojas medianas, estrechas, verde claro y flores pequeñas; sus frutos son firmes, pequeños (aproximadamente 1.5 cm de diámetro), redondos y de color verde pálido con dos lóculos. En general presentan adherencia media del cáliz y cobertura completamente cerrada (Sánchez y Peña, 2007).

La variedad POTRERO se distribuye en los estados de Querétaro, Guanajuato, Aguascalientes y Jalisco (Región conocida como El Bajío). Presenta una vida de anaquel intermedia, con frutos medianos de color verde y su nombre proviene del lugar donde fue colectado el material original (El Potrero, Salvatierra, Guanajuato) y deriva de la

variedad que se siembra en el poblado de Cerro Gordo, Salamanca, Guanajuato. Es una planta de porte erecto con hojas elípticas de color verde intenso y flores de tamaño medio; sus frutos son medianos, redondos, de firmeza media, de color verde en la madurez con tres lóculos, adherencia media del cáliz, cobertura completamente cerrada y acostillado (Sánchez y Peña, 2007).

La variedad POTRO es una de las más cultivadas, proviene de Tecomán, Colima, presenta frutos con vida de anaquel intermedia y se distribuye en los estados de Jalisco, Michoacán y Colima. Son plantas de porte erecto con hojas medianas, anchas, de color verde claro y flores pequeñas; sus frutos son redondos, firmes, pequeños (aproximadamente 1.5 cm de diámetro), de color verde, con dos lóculos, bajo número de semillas, fuerte adherencia al cáliz y cobertura completamente cerrada (Sánchez y Peña, 2007).

La variedad PUEBLA SM3 presenta una vida de anaquel intermedia con frutos verdes y muy grandes; se distribuye principalmente en el estado de Puebla y en la Región Noroeste de la República Mexicana, su nombre proviene del lugar de colecta del material original (San Mateo Tecamachalco, Puebla). Es una variedad mejorada por selección que iniciará los trámites para la obtención del Título de Obtentor. Es una planta de porte erecto con hojas elípticas verdes y flores grandes; sus frutos son precoces, firmes, muy grandes con tres lóculos, de color verde y débil adherencia del cáliz al fruto cuya cobertura es muy abierta y acostillado, presenta un número elevado de semillas medianas de color amarillo (Sánchez y Peña, 2007).

La variedad RENDIDORA presenta frutos blandos con pulpa amarillo verdoso ideal para salsas. Presenta precocidad, alto rendimiento y se distribuye principalmente en la Región de Valles Altos. Su nombre proviene de la raza Rendidora, de la que se

obtuvo la variedad CHF1 CHAPINGO y posteriormente esta variedad. Es una variedad mejorada por selección que iniciará los trámites para la obtención del Título de Obtentor. Es una planta de porte semierecto con hojas elípticas de color verde y flores medianas; sus frutos son precoces, grandes con tres lóculos, de color verde, adherencia media del cáliz y cobertura completamente cerrada y acostillada. Son frutos blandos de corta vida útil (Sánchez y Peña, 2007).

La variedad SALAMANCA presenta frutos de una vida de anaquel intermedia, verdes, compactos y con nervaduras moradas en el cáliz. Se distribuye principalmente en El Bajío y es una variedad tardía. Su nombre proviene del lugar de colecta del material original (Salamanca, Guanajuato). Es una planta de porte postrado con hojas elípticas de color verde débil y flores pequeñas; sus frutos son firmes, grandes con tres lóculos, de color verde, fuerte adherencia del cáliz al fruto y cobertura completamente cerrada y acostillado (Sánchez y Peña, 2007).

La variedad TAMAZULA SM3 presenta frutos con pulpa de color morado y larga vida de anaquel. Se distribuye principalmente en la región Centro - Occidente del país y su nombre proviene del lugar de colecta del material original (Tamazula, Jalisco). Es una variedad mejorada por selección que iniciará los trámites para la obtención del Título de Obtentor. Es una planta de porte erecto con hojas elípticas, de color verde violáceo y flores pequeñas; sus frutos son medianos con tres lóculos, redondos, de color púrpura con intensidad media, adherencia media del cáliz al fruto y acostillado (Sánchez y Peña, 2007).

La variedad TECOZAUTLA 04 presenta una pulpa de color verde, frutos muy grandes con semillas amarillo pardo y con vida de anaquel intermedia. Se distribuye principalmente en la región de Valles Altos, El Bajío y el Noroeste del país. Su nombre

proviene del lugar donde se realizó la primera selección in situ (Tecoautla, Hidalgo) y es una variedad mejorada por selección que iniciará los trámites para la obtención del Título de Obtentor. Es una planta de porte erecto con hojas elípticas de color verde y flores grandes; sus frutos son muy grandes con tres lóculos, de color verde, fuerte adherencia del cáliz al fruto y cobertura abierta y acostillado (Sánchez y Peña, 2007).

La variedad TEPETL proviene de Cotija, Michoacán y toma su nombre del náhuatl que significa “cerro”. Presenta frutos con alta vida de anaquel y se distribuye en Zamora y Cotija, Michoacán. Son plantas de porte semierecto con hojas cortas, de forma elíptica, de color verde claro y flores pequeñas; sus frutos son firmes, pequeños (de aproximadamente 1 cm de diámetro), de color verde con dos lóculos, cobertura de cáliz completamente cerrada y bajonúmero de semillas (Sánchez y Peña, 2007).

La variedad TLALI proviene de Jocotepec, Jalisco y toma su nombre del nahuátl que significa “tierra”. Presenta frutos con vida de anaquel intermedia y se distribuye en Chapala, Jocotepec y Tuxcueca, Jalisco. Son plantas de porte semierecto con hojas de color verde violáceo en forma elíptica y flores pequeñas; sus frutos son firmes, redondos, pequeños (aproximadamente 1 cm de diámetro), de color verde pálido, con dos lóculos y alto número de pequeñas semillas de color amarillo pardo. En general presentan fuerte adherencia del cáliz y cobertura completamente cerrada (Sánchez y Peña, 2007).

La variedad XOCOC se cultiva en traspatio principalmente para autoconsumo, proviene de Poncitlán, Jalisco y toma su nombre del nahuátl que significa “agrio”, la cual es una característica importante del fruto que presenta larga vida de anaquel. Se distribuye en los estados de Jalisco y Michoacán (Ribera de Chapala). Son plantas de porte erecto con hojas medianas de color verde intenso y flores pequeñas; sus frutos son

firmes, pequeños (aproximadamente 1 cm de diámetro), redondos y de color verde pálido con dos lóculos y bajo número de semillas amarillo pardo. En general presentan fuerte adherencia del cáliz y cobertura completamente cerrada (Sánchez y Peña, 2007).

La variedad YEMA DE HUEVO presenta pulpa de color amarillo, el fruto es de color naranja, de sabor dulce y vida corta de anaquel. Se distribuye principalmente en los Estados de Morelos y Guerrero, su nombre deriva de la denominación regional que la gente le ha dado. Es una planta de porte semierecto con hojas elípticas de color verde y flores grandes; sus frutos son grandes con tres lóculos, precoces, de color anaranjado en la madurez, fuerte adherencia del cáliz y cobertura acostillada (Sánchez y Peña, 2007).

La variedad YUKU proviene de Cotija, Michoacán y toma su nombre del mixteco que significa “cerro o montaña”. Presenta frutos con vida de anaquel intermedia y se distribuye en Zamora y Cotija, Michoacán. Mayoritariamente es utilizada para la elaboración de salsas. Son plantas de porte erecto con hojas cortas, anchas y de color verde con flores pequeñas; sus frutos son firmes, pequeños (aproximadamente 1.5 cm de diámetro), de color verde con dos lóculos y cobertura de cáliz completamente cerrada (Sánchez y Peña, 2007).

2.4.7 *Physalis solanaceous* (Schltdl.) Axelius

Herbácea anual, erecta a extendida, ramificada, hasta de 70 cm de alto, glabra o con algunos tricomas simples, los tricomas *ca.* de 1 mm de largo. **Tallo** cilíndrico. **Hojas** alternas o geminadas, la menor 1/3 a 1/2 más pequeña que la mayor, limbo de 1.5-5.5 cm de largo, 1.3- 5 cm de ancho, ovado, ápice agudo, base oblicua, margen repando a

sinuado; pecíolo de 0.8- 2 cm de largo. **Flor** solitaria; pedicelo en flor de 5 mm de largo; cáliz de 1-2 mm de ancho en la base de los lóbulos, dividido cerca de la mitad en lóbulos triangulares, de 0.5 mm de largo. **Corola** púrpura, de 3-4 mm de largo, 1.3-2.5 mm de diámetro, urceolada. Estambres con anteras de 1-1.3 mm de largo, púrpuras azules, el conectivo amarillo, filamento de 1 mm de largo. Ovario con un estilo *ca.* de 3 mm de largo, estigma claviforme. **Cáliz** 10-costato en el fruto, de 1-1.5 cm de largo, 1-1.5 cm de ancho, lóbulos de 5-5.7 mm de largo, triangulares; pedicelo en fructificación de 5-9 mm de largo. **Fruto** una baya *ca.* de 8 mm de diámetro. (Vargas *et al.*, 2003).

Distribución: Sur de EUA, México y Centro América. México: Ags., Chih., Chis., Coah., Dgo., Edo. de Méx., Hgo., Jal., Nay., Mich., N.L., Oax., Pue., Qro., Tamps., Ver. (Vargas *et al.*, 2003).

Altitud: Se desarrolla desde los 400 hasta hasta los 2 000 m. (Vargas *et al.*, 2003).

Hábitat: La especie se encuentra en zonas perturbadas, cercanas al bosque tropical caducifolio, matorral subtropical y suelos arenosos, sobre todo en zonas secas. (Vargas *et al.*, 2003).

Fenología: Florece y fructifica de junio a octubre. (Vargas *et al.*, 2003).

Observaciones: *Physalis solanaceus* se caracteriza por las corolas urceoladas, púrpuras, anteras púrpuras azules y cáliz 10-costato en el fruto. *Physalis solanaceus* se puede confundir con *P. lagascae* si se encuentra sólo con frutos, porque los dos taxones son similares en el aspecto vegetativo y la forma del cáliz en el fruto. Sin embargo, *P. lagascae* tiene corolas rotadas amarillas y máculas oscuras, a diferencia de *P. solanaceus*. (Vargas *et al.*, 2003).



Figura 9. *Physalis solanaceous*

2.4.8. *Physalis sulphurea* (Fern.) Waterfall

Herbácea anual, erecta, ramificada, hasta de 40 cm de alto, glabra. **Tallo** liso, cilíndrico, algo succulento. **Hojas** alternas, pocas geminadas, en ese caso la mayor 1/3 más grande que la menor, limbo de 2.3-5.5 cm de largo, 1.1-3.3 cm de ancho, ovado, ápice agudo, base cuneada, decurrente, margen repando a sinuado; pecíolo de 1.5-4.7 cm de largo. **Flor** solitaria; botones esféricos, de 2.2 mm de largo; pedicelo en flor de 7-13 mm de largo; cáliz de 2-3.2 mm de largo, 2-2.5 mm de ancho en la base de los lóbulos, dividido por arriba de la mitad en lóbulos ovados, de 1-1.2 mm de largo. **Corola** blanquecina amarillenta, de 6-8 mm de largo, 10-12 mm de diámetro, campanulado rotada, extendida, máculas de color café verdoso, pálidas, *ca.* de 1 mm de largo.

Estambres con anteras azules, de 1-1.8 mm de largo, filamento de 2-3.5 mm. Ovario con un estilo de 3-4 mm de largo, estigma claviforme. **Cáliz** 10-costato a globoso en el fruto, de 8-15 mm de largo, 7-11 mm de ancho, lóbulos triangulares, de 2 mm de largo; pedicelo en fructificación de 5-15 mm de largo. **Fruto** una baya de 7 mm de diámetro. (Vargas *et al.*, 2003).

Distribución: México: D.F., Dgo., Edo. de Méx., Gto., Jal., Mich., Oax. (Vargas *et al.*, 2003).

Altitud: Crece en un intervalo altitudinal de 1 180-2 050 m. (Vargas *et al.*, 2003).

Hábitat: La especie se desarrolla en lugares húmedos o inundados, entre rocas, como vegetación secundaria en pastizales, matorral o terrenos cultivados (Vargas *et al.*, 2003).

Fenología: Florece y fructifica en los meses de junio y julio, en ocasiones hasta diciembre (Vargas *et al.*, 2003).

Observaciones: *Physalis sulphurea* se caracteriza por su talla pequeña, hojas con márgenes repandos, cuneadas, flores y cáliz en el fruto pequeños, máculas de 1 mm de largo y anteras azules. Se puede confundir con *P. lagascae* porque ambas presentan pedicelos cortos y frutos pequeños. Sin embargo, la segunda presenta la base del tallo y el cáliz en la flor pubescente, los tricomas largos y la corola fuertemente maculada. (Vargas *et al.*, 2003).



Figura 10. *Physalis sulphurea*

2.5 Etnobotánica del género *Physalis*

Aunque la información con que se cuenta es limitada y las localidades de colecta son pocas, los datos indican que por lo menos en el centro de México hay un uso y aprovechamiento de plantas del género *Physalis* desde el clásico tardío, es decir desde hace unos 1400 años (McClung y Martínez-Yrizar, 2005).

En la actualidad se ha estimado que dentro del género *Physalis* existen alrededor de cien especies de amplia distribución, principalmente en los trópicos del Nuevo Mundo y en especial en México y Guatemala, donde se encuentra su centro de

diversidad (Gentry y Standley, 1974). Aproximadamente setenta especies de este género se encuentran en México (D'Arcy, 1979).

Algunas especies han sido cultivadas por sus frutos, en particular *P. peruviana*, en Perú, Haití, Costa Rica, en partes de Australia, Sur de África, India y Nueva Zelanda; *Physalis. pruinosa* se encuentra en América y *P. ixocarpa* en México y Centro América; otras son consideradas malas hierbas o como ornamentales, debido a que presentan el cáliz del fruto muy vistoso (Cárdenas, 1981).

En México el género *Physalis* ha jugado un papel importante en la dieta de la población, desde etapas prehispánicas, según los registros arqueológicos del Valle de Tehuacán y de Teotihuacán.

Physalis aparece entre los primeros registros botánicos en el Valle de Tehuacán durante la fase Palo Blanco (150 a.c. – 700 d.c.). “La Fase Santa María da lugar a la de Palo Blanco, periodo datado entre 200 a.c. y 700 d.c., por ocho determinaciones radioactivas. Utilizando información y materiales de 150 sitios, es posible hacer una reconstrucción acerca de la vida de esta gente en esta fase. Fueron agricultores de tiempo completo que usaban la irrigación y que habían adquirido tomates, cacahuates, frijol, lima, guayabas y patos, además de los domesticados conocidos anteriormente” (Mac Neish, 1964).

Gamio (1972 I: 35) menciona tres especies cultivadas de *Physalis* en el Valle de Teotihuacán 100-750 d.c. el tamaño de los especímenes arqueológicos sugiere que los frutos de variedades silvestres pueden haber sido recolectados o que las variedades modernas han incrementado su tamaño, debido a condiciones más favorables de cultivo. Los frutos modernos presentan un intervalo de variabilidad en tamaño y color

(de amarillo pálido a verde brillante), como fue reportado por Hernández en el tiempo de la conquista (Somolinos, 1971).

El tomate, tomatl o tomatillo, es un componente importante en la cocina mexicana pues su fruto se usa como especie y también para atenuar el sabor picante del chile en salsas con ingredientes crudos o cocinados. Además, las hojas y otros ingredientes se mesclan con masa para elaborar algunas clases de tamales (Mc Clung, 1980).

El papel medicinal de *Physalis* es ampliamente conocido. Las hojas y frutos son las partes más importantes de la planta para este uso. Unas variedades de preparaciones proveen alivio para infecciones, dolor de cabeza y desordenes estomacales. El tomate puede mezclarse con limón para producir un ungüento usado contra inflamaciones. El jugo es empleado como un remedio contra las inflamaciones de la garganta y cuando se mezcla con otros ingredientes sirve para curar las úlceras (Mc Clung, 1980). Existen otros remedios adicionales que incluyen su uso para calmar el dolor de oídos y para reducir el flujo menstrual, así como para aliviar varios tipos de infecciones (Hernández en Somolinos, 1971: 107). Sahagun (1963, XI: 151) menciona una preparación de raíces de *Physalis*, empleada para la digestión y para reducir la fiebre. La piel del fruto cocinada se cree que sirve para curar la diabetes (Martínez, 1954).

El tomate ha sido hasta la actualidad, un componente constante y frecuente en la dieta mexicana, principalmente en forma de salsas preparadas con sus frutos y chiles molidos, las cuales mejoran el sabor de las comidas y estimulan el apetito (Hernández, 1946). Según Martínez (1954), la gente utiliza el tomate en salsas para atenuar la pungencia del chile verde. En general, con el fruto de tomate, cocinado o aún crudo, se elaboran purés y picadillos, los cuales se utilizan como base para salsas con chile,

conocidas genéricamente como "salsa verde"; estas salsas pueden usarse para acompañar comidas preparadas, o bien emplearse en la preparación de diversos guisados (Anónimo, 1978). En efecto, en una colección reciente de libros de cocina mexicana (Fernández y Yani, 1987), se incluyen seis recetas con el tomate como ingrediente principal y 23 con el tomate como ingrediente complementario (condimento).

Además, la infusión de las cáscaras (cálices) se agrega a la masa de tamales para mejorar su consistencia esponjosa (Cruces, 1987). Respecto a las propiedades medicinales que se le atribuyen al tomate, resaltan las mencionadas por Hernández (1946): las hojas y frutos son considerados útiles en el tratamiento de dolores de cabeza y estómago; el fruto untado con sal sirve para curar las paperas; y el jugo tiene propiedades curativas para infecciones de garganta. Los cálices cocidos, parecen tener cualidades medicinales contra la diabetes (Martínez, 1954; Anónimo, 1978); además, se aplican en compresas sobre el rostro para combatir la resequedad de la piel y arrugas (Anónimo, 1978). Por su parte, De Sahagún (1956) indica que el zumo del fruto es útil para las nubes de los ojos, para el romadizo de niños recién nacidos y para aliviar las postemas de la nariz; además, que el jugo de los tomates amarillos, alivia el dolor de estómago y corrige la diarrea. La raíz se usa como carminativa y antidiarreica; además, alivia los cólicos por indigestión y ciertos trastornos gastro hepáticos; tanto la raíz como las hojas son utilizadas como diuréticas (Anónimo, 1978). Además, Del Amo (1979) describe el uso de *P. philladelphica* para el dolor de amígdalas.

Physalis L. (Solanaceae) es un género americano que produce frutos comestibles reconocidos comúnmente como tomate verde, tomate de cáscara y miltomate, entre otros nombres. Tienen uso alimenticio arraigado en la dieta diaria de muchas áreas geográficas de México, donde se cultivan las especies *P. philadelphica* y *P. angulata*,

además de la recolección de frutos de al menos una docena de especies silvestres. Se revisan evidencias del valor nutrimental y funcional de los frutos, citando los contenidos comparativos de cuatro especies principales en cuanto a fibra, minerales, proteína, lípidos y azúcares solubles, así como de vitaminas A y C, algunos principios fitoquímicos bioactivos con propiedades antioxidantes, anticancerígenas, antiinflamatorias y antibióticas, entre otras. Estas propiedades hacen de los tomates de cáscara modelos biológicos de gran interés para la industria agrícola y la farmacéutica (Vargas-Ponce et al., 2015)

2.6 Genética de poblaciones en el género *Physalis*

La genética de poblaciones estudia la composición y frecuencia de los alelos (variantes genéticas) presentes en las poblaciones de seres vivos, la diversidad genética, su distribución y el cambio en dicha diversidad a lo largo del tiempo (Gillespie, 2004). Este cambio es explicado por la acción de cuatro procesos evolutivos: la mutación, la deriva génica, la selección natural y la migración; estos cuatro procesos evolutivos, comunes a todas las poblaciones naturales, ocurren también, con la acción adicional de la selección artificial en las plantas cultivadas por el ser humano (Zohary, 1999). La comprensión de los procesos genéticos en el proceso de domesticación y diversificación de las plantas cultivadas es muy relevante para la comprensión del tipo de factores humanos y ambientales que han influido la diversidad actual de dichos cultivos (Zohary, 1999).

Existen pocos estudios acerca de la genética de poblaciones en general y del flujo génico en particular en el género *Physalis*. Algunas características reproductivas como la autoincompatibilidad y la participación de himenópteros en la polinización son

comunes a otras especies de solanáceas. Al mismo tiempo, existe información de estudios de genética de poblaciones para géneros con especies cultivadas pertenecientes a la Subfamilia Solanoideae como *Solanum* y *Capsicum*, así como otras plantas de la subtribu Physalinaea, particularmente del género *Witheringia*, cercanamente emparentadas con el género *Physalis* (Olmstead, 2008).

El flujo génico entre especies cercanamente relacionadas se encuentra documentada en especies de solanáceas filogenéticamente cercanas al género *Physalis*. En el género *Solanum*, que al igual que *Physalis* se encuentra dentro de Solanoideae, se ha estudiado la presencia de polimorfismos compartidos en secuencias nucleares no ligadas (Städler *et al.*, 2008). Städler y sus colaboradores analizaron 8 poblaciones de dos especies cercanamente relacionadas, *Solanum peruvianum* y *Solanum chilense*, encontrando que al menos parte del polimorfismo compartido parece deberse a flujo génico secundario entre las dos especies. Lo anterior es congruente con los reportes que ha hecho Hinton (1970, 1975) para *Physalis* en el sentido de que *P. heterophylla* Nee y *P. virginiana* Miller hibridizan, y que pese a que la viabilidad de su polen disminuye y a que la hibridación entre ambas especies es rara, una población híbrida entre éstas existe en Carolina del Norte, EUA.

2.7 Citogenética del género *Physalis*

Existen pocos estudios citogenéticos para el género *Physalis*. Los trabajos de Menzel (1951) y Sudhakaran y Ganapathi (1999) describen especies con número cromosómico diploide ($2n=24$) y tetraploide ($4n=48$); de éstas últimas se han descrito muy pocas (*P. angulata*, *P. peruviana* y *P. minima*). Así también, se ha caracterizado el cariotipo de cinco ecotipos de *Physalis peruviana* L., tres silvestres y dos cultivados. Por otro lado, se ha

observado variabilidad genética entre los ecotipos evaluados. Los ecotipos silvestres presentaron una dotación cromosómica $2n=24$, el ecotipo Colombia $2n=32$ y el ecotipo Kenia $2n=48$ (Rodríguez y Bueno, 2006).

2.8 Reproducción

Las flores de las plantas del género *Physalis* son perfectas, poseen androceo y gineceo. El sistema reproductivo para algunas especies es por autofecundación como en *P. pubescens* L., *P. angulata* L. y *P. pruinosa* Mill., mientras que para otras se requiere la reproducción cruzada como en *P. philadelphica*. No obstante, se desconoce el mecanismo reproductivo de numerosas especies y la existencia de sistemas mixtos de reproducción en el género, aspectos que ameritan investigación para su esclarecimiento. *P. philadelphica* presenta autoincompatibilidad gametofítica producida por dos series alélicas, debido a que la fecundación es infértil cuando uno o más alelos entran en homocigosis (Pandey, 1957). Esta situación la convierte en una especie alógama obligada. La polinización natural es llevada a cabo por insectos, principalmente abejas, aunque también hay un cierto grado de polinización anemófila (Pérez *et al.*, 1998). Por este detalle, no es conveniente establecer el cultivo de esta especie en invernadero. El desarrollo de los frutos (comúnmente llamado “cuajado”) inicia a los 35 días después de la siembra y a los 42 días se inicia el crecimiento del cáliz. Del cuajado de los frutos a la maduración transcurren de 20 a 22 días. Del total de flores que tiene una planta sólo el 40% son fecundadas, de éstas un 30 % aproximadamente llegan a cosecharse en su madurez. La producción comercial de una planta se obtiene generalmente entre los cuatro y siete primeros entrenudos, lográndose en ocasiones hasta el décimo.

2.9 Manejo Agronómico

Las prácticas agronómicas del cultivo fueron tomadas de Aguilar (2009):

Preparación de terreno: El lote donde se produce, debe ser plano, nivelado, para evitar inundaciones. La preparación consiste, en barbecho a una profundidad de 30cm, seguido se deben darse los pasos de rastra que se requieran para asegurar que las macroestructuras sean removidas, trituradas y convertirlas a microestructuras, con el fin de tener un adecuado desarrollo radical de la planta. La preparación del suelo concluye con el surcado que varía según el cultivar y el sistema de siembra.

Densidad de siembra: Para la producción comercial, el mejor ancho de la cama de siembra es de 90 cm y la distancia entre plantas de 40 cm. También es recomendable usar camas de siembra de 1.4 m de ancho y 60 cm entre plantas.

Métodos de siembra: La siembra puede ser directa, trasplante o combinada. El sistema de siembra más utilizado es el de trasplante, las plantas provenientes de siembra directa son más vigorosas, aunque se requiere de mayor cantidad de semilla, lo que hace difícil este método de siembra. Cuando la siembra es directa, existen problemas de germinación, para éste sistema se requieren de 2 a 3 kilogramos de semilla por hectárea, depositando de 5 a 10 semillas por mata. En condiciones de trasplante, se utilizan plántulas con dos hojas verdaderas completamente expandidas.

Fertilización: El cultivo requiere de 120 a 240 kilogramos de nitrógeno; de 60 a 150 de fósforo y de 50 a 100 kg de potasio por hectárea, dependiendo del análisis de suelo. Se han realizado aplicaciones con fertilizantes foliares en dos momentos, la primera a los 15 días después del trasplante, agregando 80 kg de nitrógeno, 60 kg de fósforo y 50

de potasio y la segunda aplicación al inicio de la fructificación (40 kg de nitrógeno y 50 kg de potasio) .

Labores culturales

Escardas. Para que la planta obtenga un buen desarrollo inicial, es necesario remover la tierra, lo cual se deberá hacer una vez que la planta se haya arraigado bien, lo cual sucede en el caso de siembra directa de ocho a diez días de emergencia y cuando es de trasplante, 15 días después de este. Con esta labor que se formen grietas en el terreno que romperían las raíces, además que facilitaría la actividad dañina de las plagas del suelo, pudiendo ocasionar otra merma en la población de plantas. Estas labores se surgen hacer con vertederas chicas y a una profundidad aproximada de 5 cm (Reyes F.G 2002).

Aporques: Es necesario arrimar tierra con azadón o maquinaria a las plantas entre la primera y la segunda semana después del trasplante; en el caso de siembra directa, inmediatamente después de haber hecho el primer aclareo. Los principales beneficios que se obtienen con el aporque son; ausencia de acame, se combate la maleza, hay mayor retención de humedad, se tiene mejor disponibilidad de nutrientes y mayor aireación del suelo, lo cual favorece el desarrollo de la raíz (Reyes F.G 2002).

2.10 Requerimientos climáticos

Los requerimientos climáticos según Aguilar (2009) son:

Temperatura: La temperatura óptima promedio que demanda el cultivo es de 20 a 22 °C; con temperaturas de 30 °C el crecimiento disminuye y después de los 40, puede

cesar. En la floración temperaturas de 30 a 32 °C o mayores pueden provocar deshidratación del tubo polínico, teniéndose en consecuencia una fertilización incompleta y frutos malformados.

Humedad: Las etapas críticas son: germinación, emergencia, trasplante y floración. Es necesario que el suelo tenga al menos 60 % de humedad de la capacidad de campo. En condiciones de sequía, el tomate adelanta la floración y acelera la maduración de frutos, siendo menos y más pequeños, algunos presentan sabor ácido.

Luminosidad: Este elemento del clima, promueve la apertura de estomas, estimulando la fotosíntesis, además ayuda en las relaciones hídricas de la planta, permitiendo la translocación de sales minerales y fotoasimilados. Es necesario una buena luminosidad para el buen desarrollo del cultivo. La radiación fotosintéticamente activa es mayor y de manera constante en campo abierto con un máximo de 2166 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Bajo las cubiertas de polietileno transparente dan resultados cercanos a los 1705 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (Ramos-López *et al.*, 2016)

2.11 Desarrollo y crecimiento

Según Aguilar (2009), la planta de tomate de cáscara tiene un ciclo de vida de 85 a 90 días, desde la siembra a la senescencia; una vez que emerge la plántula, inicia un crecimiento lento, aproximadamente 1 cm por día; posteriormente, como a los 24 días el crecimiento se acelera y se estabiliza como a los 56 días, que es cuando alcanza una altura de 90 cm aproximadamente; la planta sigue creciendo lentamente y puede

alcanzar más de 1 m, esto sucede como a los 70 días, después la planta empieza a envejecer rápidamente hasta su muerte.

2.12 Hábito de crecimiento

Hábito erecto: Se identifica por su aspecto arbustivo que presenta la planta, originado por un crecimiento casi vertical de los tallos y la desventaja que presenta es que se doblan con el peso de los frutos. En algunos casos, es recomendable tutorar a la planta para evitar su caída.

Hábito rastrero: Se caracteriza porque generalmente crece en forma erecta solo hasta 40 cm y conforme se desarrolla la planta, los tallos se extienden sobre la superficie del suelo hasta un metro del tallo principal.

Hábito semirastrero: Presenta claras diferencias con características intermedias de los dos tipos anteriores: no es tan ramificado como el rastrero, pero si con más ramificaciones laterales que el tipo erecto. Su altura es mayor de 30 cm, pero menor de 80 cm (Aguilar, 2009).

2.13 Rendimiento y componentes

El rendimiento de un cultivo está determinado por la capacidad de acumular materia seca o fresca en los órganos destinados a la cosecha (Morales-Morales *et al.*,

2015). El incremento en masa debe ser permanente, con lo cual se elimina la variación de volumen debida a fenómenos osmóticos (Casierra-Posada *et al.*, 2007).

Para poder analizar el rendimiento de una planta es necesario el estudio del rendimiento y sus componentes. En tomate, los componentes de rendimiento son, número de frutos por planta y peso de fruto. El número de frutos por planta está determinado por el número de flores que son fecundadas y alcanzan a desarrollarse en fruto. Así, dichos componentes de rendimiento que involucra procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento vegetativo y reproductivo, está fuertemente influenciado por la relación fuente demanda en diferentes fases del ciclo de vida de la planta. El peso del fruto, a su vez está determinado por la relación entre la potencia de la fuente y la potencia de la demanda durante el periodo de crecimiento del fruto. Esta relación determinará la máxima cantidad de asimilados que producirá la fuente y que aceptará la demanda, y que se puede traducir en una tasa de absorción o incorporación de asimilados por unidad de peso del tejido-demanda, más las pérdidas por respiración (Wereing y Patrick, 1975). Moreno *et al.* (2005) confirmaron que el número y peso de frutos en tomate son los principales componentes de rendimiento.

Mundo (2009) en un estudio donde estimaron los coeficientes de sendero en tomate de cáscara encontraron que el rendimiento de fruto se correlacionó positiva y significativamente con el número de frutos cosechados, peso promedio de fruto, diámetro polar y diámetro ecuatorial.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Sitio del experimento

El estudio se efectuó en 2018 en tres municipios del estado de México. En condiciones de invernadero en Toluca, Méx (El Cerrillo, Piedras Blancas, Facultad de Ciencias Agrícolas), en Tenango del Valle, Méx y Zumpango, Méx. Toluca se ubica a 19° 24' N, 99° 54' O, y 2611 m de altitud, su clima es templado subhúmedo, con lluvias en verano y escasa precipitación pluvial en invierno, la cantidad de lluvia anual es 900 mm y su temperatura media anual es 12.8 °C. Tenango del Valle tiene coordenadas geográficas de 18°39' N y 99°31' O, y 2600 msnm. El clima es templado subhúmedo, con lluvias en verano. Se presentan heladas en los meses de octubre a enero. La temperatura promedio anual es de 13.5°C y el promedio de lluvia es de 985 mm (García, 2005). Zumpango presenta coordenadas de 19°44' latitud norte y 99°11' longitud oeste y una altura sobre el nivel del mar de 2450 msnm, su clima es templado subhúmedo, la precipitación media anual es de 800 mm y la temperatura media anual es de 14.8 °C (García, 2005).

El invernadero utilizado en el experimento, fue un invernadero tipo capilla o también denominado multicapilla, se caracteriza por la forma de su cubierta formado por arcos curvos semicirculares y por su estructura totalmente metálica. El piso es de tierra y las dimensiones son de 10 metros de ancho por 48 metros de largo, con una apertura cenital de 1 metro de ancho, una altura de pared de 5 metros y una altura total de 7 metros.

3.2 Material vegetal

La semilla se obtuvo de ocho especies de *Physalis*, sección *Angulatae* a partir de su colecta en poblaciones naturales o del Banco de Germoplasma del Centro de Investigación en Tomate de Cáscara (CITOCA), del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, de la Universidad de Guadalajara (Cuadro 3).

Cuadro 3. Datos de procedencia de las ocho especies del género *Physalis* bajo estudio.

Especie	Respaldo (herbario o semilla)	Estado	Habitat	Altitud (msnm)	Latitud (norte)	Longitud (oeste)
<i>P. acutifolia</i>	OVP s/n [†]	Baja California	Abierto y soleado	8	32° 38'	115° 26'
<i>P. ampla</i>	JALS 1033 ^{††}	Jalisco	Abierto y soleado	1795	20° 35'	103° 21'
<i>P. angulata</i>	JALS 1035 ^{††}	Jalisco	Abierto y soleado	2086	21° 04'	103° 02'
<i>P. lagascae</i>	JALS 1043 ^{††}	Jalisco	Ladera	1900	21° 22'	102° 47'
<i>P. philadelphica</i>	JALS 1044 ^{††}	Jalisco	Abierto y soleado	2086	21° 04'	103° 02'
<i>P. microcarpa</i>	JALS 1045 ^{††}	Jalisco	Abierto y soleado	1795	20° 35'	103° 21'
<i>P. solanacea</i>	JS310 [†]	Jalisco	Abierto y soleado	1340	20° 04'	103° 52'
<i>P. sulphurea</i>	JS19 [†]	Jalisco	Abierto y soleado	1490	20° 10'	103° 02'

[†]Banco de Germoplasma del Centro de Investigación en Tomate de Cáscara (CITOCA) del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, de la Universidad de Guadalajara; ^{††}Herbario Eizi Matuda de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México (COTECOCA).

3.3 Conducción del experimento

El trasplante se efectuó cuando la plántula tenía dos hojas completamente expandidas, el 30 de marzo de 2018 en Zumpango, el 1 de abril en Tenango y el 2 de abril en Toluca. En los tres sitios experimentales se fertilizó con el tratamiento 120 – 80 – 120 (Montes de Oca, 2014). Se suministró todo el fósforo, potasio y la mitad de nitrógeno al momento del trasplante. La segunda mitad de nitrógeno se aplicó 40 días después de trasplantar. Se tuvo incidencia de mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) en todos los ambientes, la cual se controló con aspersiones de Cipertoato 300 CE (Dimetoato y Cipermetrina) a razón de 1.0 L ha⁻¹. El control de maleza fue manual.

En condiciones de campo, se registraron los datos de temperatura máxima (T_{máx}), mínima (T_{mín}) y precipitación pluvial (pp), en Tenango del Valle se obtuvieron de la estación climatológica 00015121 y en Zumpango de la estación con clave 00015151. En invernadero se tomaron T_{máx} y T_{mín} con un termómetro de six y la humedad se mantuvo en capacidad de campo (CC).

3.4 Variables de estudio

De tres plantas de cada tratamiento, se evaluaron las siguientes características: a los 40 días después del trasplante se contabilizó el número de hojas verdes (NHV) y se determinó el promedio; el área foliar de las hojas (AF) se estimó con un integrador de área foliar LI-COR 3100, (Lincoln, Nebraska, USA) sin incluir el pecíolo y se expresó en

dm²; el índice de área foliar (IAF), se calculó, utilizando el área foliar (AF), la densidad de plantas m⁻² (DP) y el área sembrada (AS), mediante la relación:

$$IAF = \frac{(AF) (DP)}{AS} \text{ (López et al, 2018). La biomasa total (BT) se determinó por la suma de}$$

la materia seca de tallo, hojas y frutos, los cuales se secaron en una estufa de aire forzado a 60 °C hasta peso constante, y se expresó en g. El Rendimiento de fruto (REN) se obtuvo pesando los frutos de las plantas muestreadas, las cuales se promediaron y su valor se expresó en g m⁻².

3.5 Tratamientos y diseño experimental

El diseño experimental fue bloques completos al azar con arreglo factorial (3 localidades y 8 genotipos) con 4 repeticiones. La unidad experimental estuvo conformada por cuatro surcos de 6 m de longitud y la parcela útil consistió de los dos surcos centrales, se eliminó 1 m de cada lado, para evitar el efecto de “bordo”. El arreglo topológico fue de 0.80 × 0.30 m con una densidad de 4.2 plantas m⁻².

Con los datos se efectuó el Análisis de Varianza, cuando las pruebas de F (P≤0.05) fueron significativas, se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey (P=0.05) (Steel & Torrie, 1992) usando SAS (SAS Institute, 2004). En las interacciones, la prueba

de Tukey se aplicó así: $Tukey = q_{t, Nt, \alpha} \sqrt{\frac{CME}{n}}$ (Steel & Torrie, 1992); donde N es el

número total de observaciones, t número de niveles del factor, n tamaño de muestra de cada nivel del factor, CME cuadrado medio del error, qt,Nt distribución del rango estudentizado en los parámetros t grupos y N-t grados de libertad y con el nivel de significancia ∞. Para explicar la relación causa-efecto entre el rendimiento de fruto con

el índice de área foliar y el número de frutos se estimaron las rectas de regresión, ecuación y coeficiente de determinación mediante el programa SAS (SAS Institute, 2004).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Sitio del experimento

En condiciones de invernadero en Toluca, se tuvieron temperaturas máximas mensuales (promedio) entre 24 y 28°C (agosto y mayo, respectivamente) y mínimas de 10°C (septiembre) y 12°C (junio), la temperatura media mensual fue de 20°C, la humedad se mantuvo en capacidad de campo.

En la Figura 11 y 12 se presentan las temperaturas mínimas, máximas y la precipitación pluvial ocurrida en Tenango del Valle y Zumpango. En Tenango del Valle la $T_{máx}$ osciló entre 20.5 y 23.7°C, mientras que para la $T_{mín}$ los valores fluctuaron entre 8.3 y 9.6°C, la temperatura media fue de 15.3°C. En Zumpango se aprecia que el promedio mensual durante la estación de crecimiento del cultivo osciló entre 19.2 y 24.9°C para $T_{máx}$ y entre 7.2 y 10.5°C para $T_{mín}$, la temperatura media en esta localidad fue de 15.9°C. La precipitación pluvial en Tenango del Valle fue de 901 mm mientras que en Zumpango fue de 819 mm. El mayor rendimiento de fruto se obtuvo en invernadero (Facultad de Ciencias Agrícolas, el Cerrillo Piedras Blancas), lo anterior es consecuencia de la temperatura media alcanzada en estas condiciones, lo anterior confirma lo descrito por Montes de Oca (2014) quién indica que para tener un buen rendimiento de fruto de *Physalis* la temperatura media durante la estación de crecimiento debe estar entre 20 y 25°C.

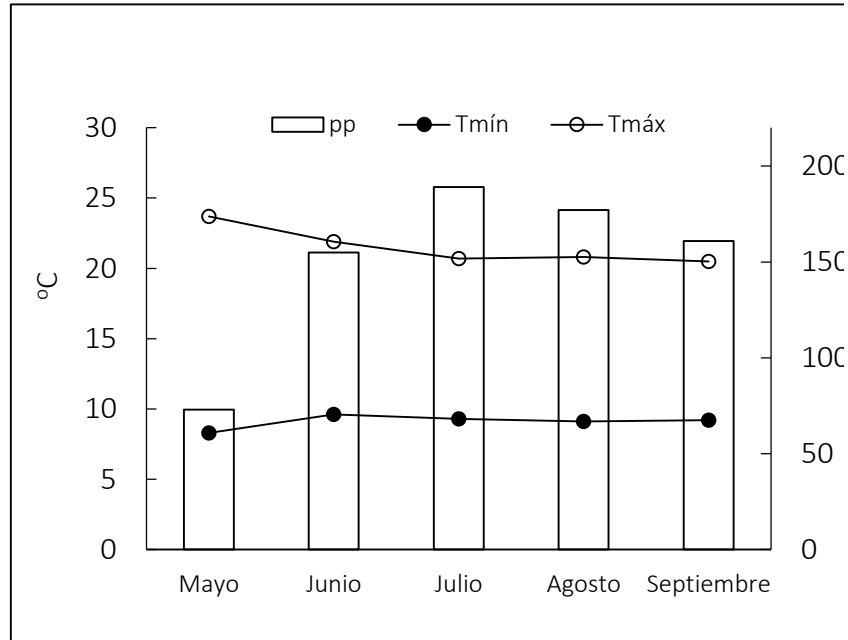


Figura 11. Temperaturas mínimas y máximas (promedio mensual) y precipitación pluvial (suma mensual) en Tenango del Valle durante la estación de crecimiento de especies silvestres de *Physalis*, Universidad Autónoma del Estado de México, 2018.

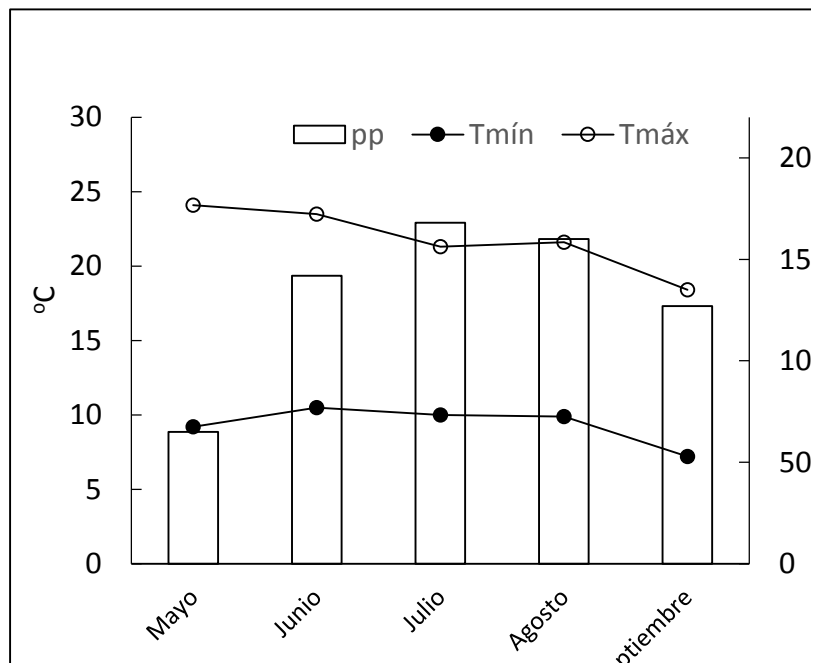


Figura 12. Temperaturas mínimas y máximas (promedio mensual) y precipitación pluvial (suma mensual) en Zumpango durante la estación de crecimiento de especies silvestres de *Physalis*, Universidad Autónoma del Estado de México, 2018.

4.2 Interacción entre localidades x genotipo

Los análisis de varianza indicaron diferencias significativas para localidades y genotipos en todas las variables bajo estudio. La interacción localidad × genotipo no fue significativa en las variables número de hojas verdes por planta y biomasa total. Los coeficientes de variación fueron bajos y oscilaron entre 1.6 y 4.0 %, para REN y NHV, respectivamente, lo anterior fue debido al buen manejo en la aplicación de los tratamientos y a una buena toma de datos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis de varianza y prueba de comparación medias de las variables evaluadas en función de los factores de estudio, localidades y genotipos de *Physalis*. México, Universidad Autónoma del Estado de México, 2018.

Factor	NHV	AF (dm ²)	IAF	NFR (planta ⁻¹)	REN (g planta ⁻¹)	BT (g planta ⁻¹)
Localidad (L)	***	***	***	***	***	***
Invernadero (Toluca)	139.3 a	1792.1 a	0.74 a	59.9 a	655.5 a	11.7 c
Tenango	73.9 b	1330.8 b	0.54 b	42.6 b	550.5 b	20.9 a
Zumpango	42.1 c	1304.3 c	0.53 b	52.0 b	467.7 c	15.5 b
DSH _(0.05)	2.2	20.4	0.009	0.23	5.9	0.23
Genotipo	***	***	***	***	***	***
<i>P. angulata</i>	91.1 b	1406.9 b	0.58 b	55.2 b	625.7 b	20.3 b
<i>P. acutifolia</i>	75.1 c	884.5 d	0.36 d	49.8 c	391.9 de	12.8 d
<i>P. ampla</i>	79.0 c	898.1 d	0.37 d	50.3 c	383.1 e	12.8 d
<i>P. lagascae</i>	78.4 c	902.4 d	0.37 d	50.1 c	388.9 de	12.9 d
<i>P. solanacea</i>	88.4 b	1173.6 c	0.48 c	58.5 a	485.7 c	15.2 c
<i>P. microcarpa</i>	68.5 d	592.1 e	0.24 e	39.5 d	288.4 f	8.7 e
<i>P. sulphurea</i>	79.5 c	886.3 d	0.36 d	51.0 c	397.0 d	12.7 d
<i>P. philadelphica</i>	120.8 a	5061.9 a	2.1 a	57.7 ab	1502.6 a	32.7 a
Tukey _(0.05)	4.48	40.6	0.02	3.3	11.7	0.13
L × C	Ns	***	***	***	***	Ns
CV (%)	4.0	2.6	2.2	4.77	1.6	2.2

ns; ***: No significativo y significativo ($P \leq 0.001$ respectivamente); NVH: número de hojas verdes; AF: área foliar; IAF: índice de área foliar; NFR: número de frutos; REN: rendimiento de fruto; BT: biomasa total.

4.3 Aspectos fisiológicos y el rendimiento

El índice del área foliar es una variable importante en la mayoría de los estudios agrícolas y fisiológicos involucrados en el crecimiento vegetal, captación de luz, eficiencia fotosintética, respiración, transpiración y respuesta al riego y a la fertilización (López *et al* 2018a). El IAF más alto (en promedio) se presentó en invernadero; en este sitio, el cultivo desarrolló una gran cantidad de hojas de mayor tamaño en comparación con lo observado en campo abierto (Cuadro 4). Las condiciones favorables de clima que se le proporciono al cultivo protegido permitieron un mejor desarrollo del tejido foliar, lo que no pudo haber sucedido a la intemperie. Resultados semejantes presentó Angulo (2005) en uchuva (*Physalis peruviana*) al evaluar su crecimiento, desarrollo y producción en condiciones de invernadero y campo abierto.

En este orden de ideas, el REN promedio en invernadero (Toluca) fue mayor al de Tenango del Valle y Zumpango en 16.0% y 28.6%, respectivamente, lo anterior fue debido además del incremento en tejido foliar, a un mayor número de frutos (Cuadro 4). Por otra parte, Peña *et al.* (2014) al evaluar agronómicamente 40 variedades de tomate de cáscara bajo cubierta plástica en Chapingo, estado de México, encontraron un rendimiento promedio inferior (615.5 g planta⁻¹) al reportado en nuestra exploración en circunstancias similares (655.5 g planta⁻¹) en Toluca.

Respecto al material genético, *P. philadelphica* obtuvo en promedio máximos valores en los caracteres examinados (Cuadro 4). El incremento en la producción de fruto de *P. philadelphica* osciló entre 58.4 y 80.8% con relación a *P. angulata* y *P. microcarpa*. En segundo término, *P. angulata* tuvo rendimiento superior en un rango de 22.4 y 53.9% respecto a *P. acutifolia* y *P. microcarpa*. El acrecentamiento en el

rendimiento de *P. philadelphica* y *P. angulata* se debe al promedio mostrado en las características NHV, AF, IAF, NFR y BT. Además, al ser estas especies sembradas en algunas regiones del país, se han adaptado como plantas cultivadas y, en consecuencia, presentan buen dosel vegetal, lo que se traduce en mayor biomasa y mejor producción de fruto (López *et al.*, 2018a). En este sentido, Morales *et al.* (2011) indican que un mayor índice de área foliar influye en una mayor eficiencia en la tasa fotosintética. Finalmente, Díaz *et al.* (2005) y Ramírez *et al.* (2013) informaron que la media en el rendimiento de tomate de cáscara en Georgia, USA y México osciló entre 1.1–1.9 y 1.1-2.6 kg planta⁻¹, respectivamente, cantidades similares al rendimiento por planta de *P. philadelphica* en este ensayo (1.5 frutos).

En el Cuadro 4 se aprecia que por la producción de tomate de cáscara alcanzada por *P. solanacea* equivalente a 20.4 t ha⁻¹, este material genético representa una buena alternativa para ser incorporado en siembras comerciales, además, esta especie y *P. angulata* son atractivas para la comercialización debido a su composición fenólica, ya que según estudios de Medina *et al.* (2015) estas plantas son consideradas como fuentes potenciales de antioxidantes naturales que son de amplio uso en las industrias alimentarias y farmacéuticas.

Un tercer grupo, está conformado por *P. sulphurea* (397.0 g planta⁻¹), *P. acutifolia* (391.9 g planta⁻¹), *P. lagascae* (388.9 g planta⁻¹) y *P. ampla* (383.1 g planta⁻¹) (Cuadro 4) que tuvieron una producción de *Physalis* consistente que no difirió estadísticamente entre ellos, sin embargo, *P. lagascae* y *P. ampla* deben seguir siendo ensayadas, ya que de acuerdo a López *et al.* (2018b) presentan un alto índice de sinantropía, es decir, son plantas que no pierden su competitividad por recursos tales como agua, espacio, luz y nutrientes, cuando son sometidas a prácticas de manejo agronómico.

4.4 Interacción de índice de área foliar × localidad

En la Figura 14 se presenta la interacción índice de área foliar × localidad, no se incluye la interacción área foliar × localidad, en virtud de que el IAF es la transposición de la superficie foliar a nivel de población (Aguilar *et al.*, 2018). En dicha figura, se aprecia que el IAF en *P. philadelphica*, varió al cambiar de sitio experimental, es decir, de 2.69 en invernadero pasó a 1.78 y 1.76 en Zumpango y Tenango del Valle, respectivamente, esto sugiere que *P. philadelphica* además de explotar positivamente buenas condiciones ambientales, presenta estabilidad en el IAF cuando se siembra en condiciones de secano. Lo anterior coincide con lo publicado por Ramírez & Nienhuis (2012) en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) donde puntualizaron efectos de ambientes, genotipos e interacción, lo que indica una adaptación específica de los genotipos en cada uno de los invernaderos evaluados. Finalmente, en los demás genotipos probados, se observa consistencia en el IAF al pasar de una localidad a otra, sin embargo, ningún material genético alcanzó índices de área foliar mayores a 0.7.

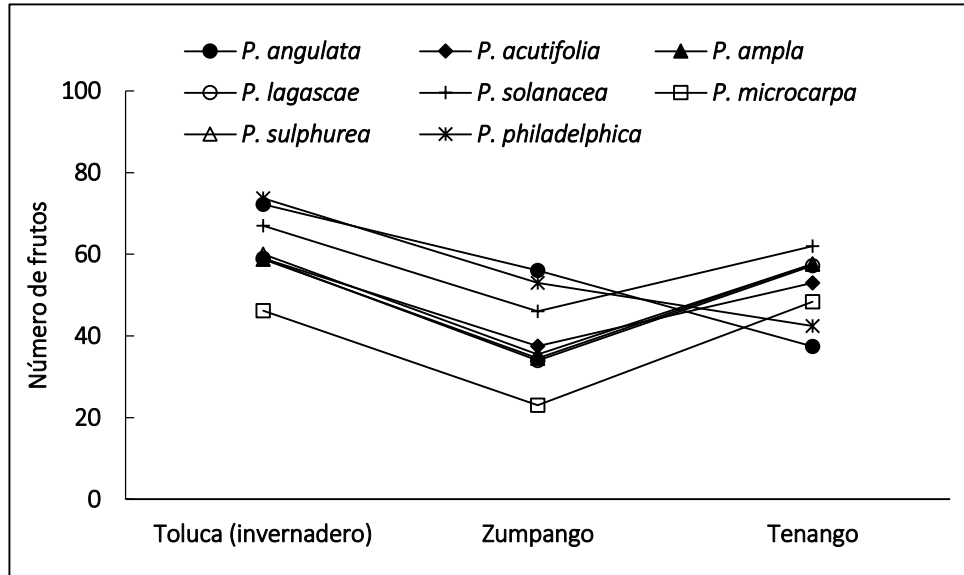


Figura 13. Efecto de interacción entre los sitios experimentales y la variable número de frutos de especies silvestres de *Physalis*, Universidad Autónoma del Estado de México, 2018.

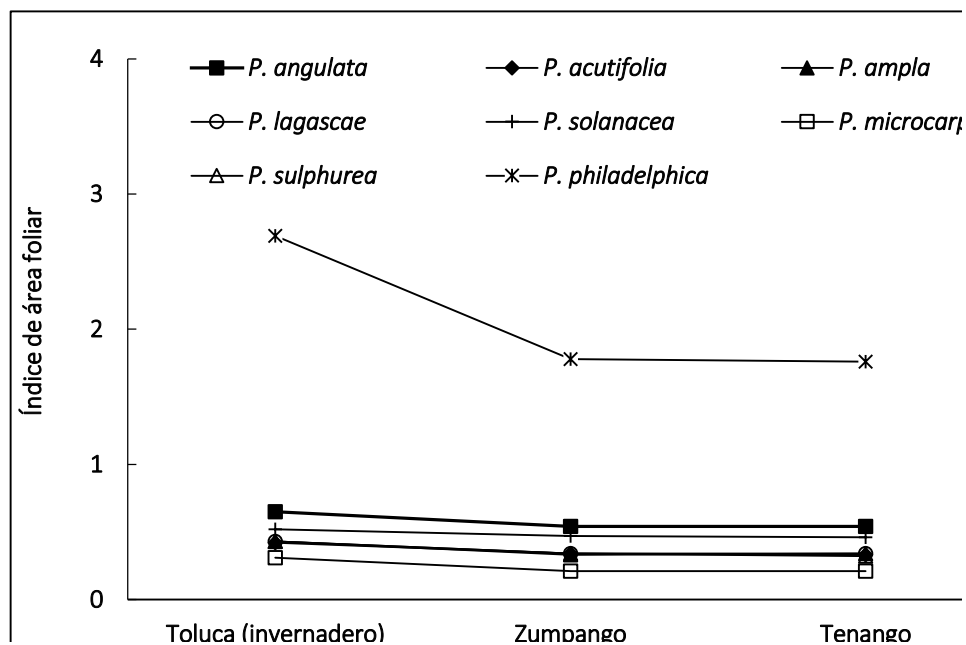


Figura 14. Efecto de interacción entre los sitios experimentales y las variables índice de área foliar de especies silvestres de *Physalis*, Universidad Autónoma del Estado de México, 2018.

4.5 Interacción de frutos × localidad

En la interacción número de frutos × localidad, la Figura 13 muestra el efecto en todo el material genético evaluado. Así *P. philadelphica* y *P. angulata* consiguieron mayor número de frutos en invernadero (73.3 y 72.2 frutos planta⁻¹, respectivamente), mientras que *P. solanacea* tuvo 62 frutos planta⁻¹ en Tenango del Valle. Estos resultados son consistentes con los obtenidos por Díaz *et al.* (2005), lo que confirma que el número de frutos es uno de los principales componentes de rendimiento de esta especie hortícola (López *et al.*, 2018a).

Las ecuaciones de regresión explican la relación entre la variable respuesta Y (rendimiento de fruto) y la única variable explicativa X (índice de área foliar y número de frutos). En el primer caso, la ecuación de regresión $REN = 640(IAF) + 170.7$ indica que por cada unidad de aumento en el índice de área foliar el rendimiento de fruto se incrementó en 640 g m⁻², mientras que, para el segundo caso, la ecuación de regresión $REN = 11.7(NFR) - 137$ sugiere que, por cada unidad de aumento en el número de frutos, el rendimiento se amplió en 11.66 g m⁻². Los coeficientes de determinación positivos y significativos en ambas regresiones, explican el 96% y el 62% de la variación de los datos (Figura 15 y 16).

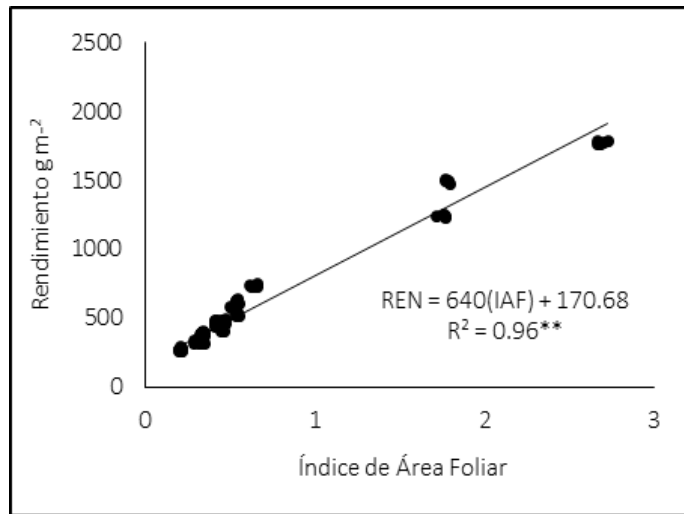


Figura 15. Relación entre el rendimiento con el índice de área foliar de especies silvestres de *Physalis*, Universidad Autónoma del Estado de México, 2018.

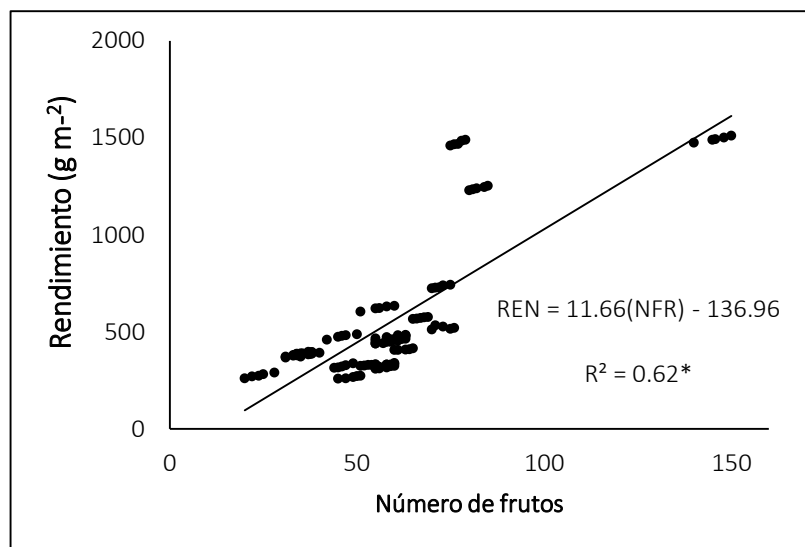


Figura 16. Relación entre el rendimiento con el número de frutos de especies silvestres de *Physalis*, Universidad Autónoma del Estado de México, 2018.

V. CONCLUSIONES

El tomate de cáscara es un alimento funcional con altos beneficios nutritivos. Es una fuente concentrada de elementos bioactivos y micronutrientes de gran valor; algunos solo se encuentran en solanáceas y otros solo en este género. Por ello, las especies de *Physalis* spp. tienen potencial alto para ser cultivos comerciales de interés para la industria alimentaria a gran escala. Como productoras de frutos exóticos pueden seguir el ejemplo de la uchuva (*P. peruviana*) que redondearon un mercado multimillonario en esta última década. Como hortaliza su valor nutrimental permite recomendar su uso sobre otros frutos similares como el tomate rojo o jitomate, recobrando la extensa utilización que se tenía en la Mesoamérica prehispánica. Como materia prima para la industria farmacéutica puede proveer elementos bioactivos efectivos para remediar algunas afecciones en la salud. Por tanto, se requiere desarrollar un mayor número de estudios en estas especies de tomate de cáscara.

Los mejores rendimientos los presentaron *Physalis. philadelphica* y *Physalis. angulata*, estas especies son sembradas en algunas regiones del país y se han adaptado como plantas cultivadas y, en consecuencia, presentan buen dosel vegetal, lo que se traduce en mayor biomasa y mejor producción de fruto. De las otras especies *Physalis solanacea* obtuvo buen rendimiento (20.4 t ha⁻¹); este material genético representa una buena alternativa para ser incorporado en siembras comerciales.

Los análisis de varianza indicaron diferencias significativas para localidades y genotipos en todas las variables bajo estudio. La interacción localidad × genotipo no fue significativa en las variables número de hojas verdes por planta y biomasa total.

El índice del área foliar es una variable importante en la mayoría de los estudios agrícolas y fisiológicos involucrados en el crecimiento vegetal, captación de luz, eficiencia fotosintética, respiración, transpiración y respuesta al riego y a la fertilización. El IAF más alto (en promedio) se presentó en invernadero; en este sitio, el cultivo desarrolló una gran cantidad de hojas de mayor tamaño en comparación con lo observado en campo abierto. Las condiciones favorables de clima que se le proporciono al cultivo protegido permitieron un mejor desarrollo del tejido foliar, lo que no pudo haber sucedido a la intemperie.

Respecto al material genético, *P. philadelphica* obtuvo en promedio máximos valores en los caracteres examinados. El incremento en la producción de fruto de *P. philadelphica* osciló entre 58.4 y 80.8% con relación a *P. angulata* y *P. microcarpa*. En segundo término, *P. angulata* tuvo rendimiento superior en un rango de 22.4 y 53.9% respecto a *P. acutifolia* y *P. microcarpa*. El acrecentamiento en el rendimiento de *P. philadelphica* y *P. angulata* se debe al promedio mostrado en las características NHV, AF, IAF, NFR y BT.

VI. LITERATURA CITADA

- AGUILAR, CC; JUÁREZ, LP; CAMPOS, AIH; ALIA, TI; SANDOVAL, VM; LÓPEZ, MV. 2018. Analysis of growth and yield of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) grown hydroponically under greenhouse conditions. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 24(3): 192 – 202.
- AGUILAR, R. M. A. (2009). Calidad de fruto en tetraploides de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 37 p
- ANGULO, R. 2005. Crecimiento, desarrollo y producción de la uchuva en condiciones de invernadero y campo abierto. En: Fischer, G. (ed.). *Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (P. peruviana L.) en Colombia*. U. N. Colombia, Fac. Agronomía, Bogotá D.C. p.111-130
- ANÓNIMO. 1978. Tomate. En: *Enciclopedia de México*. Enciclopedia de México. México, D. F. 12: 156
- AXELIUS B 1996. The phylogenetic relationships of the physaloid genera (Solanaceae) based on morphological data. *American Journal of Botany*. 83: 118–124
- BHARUCHA, Z; PRETTY, J. 2010. The roles and values of wild foods in agricultural systems. *Philosophical Transactions of The Royal Society Botanical Sciences*. 365: 2913-2926.
- CALDERÓN DE RZEDOWSKI G. Y RZEDOWSKI, J. (2001). *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2da. Ed. Instituto de Ecología, A. C México, D.F. 1406 pp.

- CALLEN EO. 1966. Analysis of the Tehuacan coprolites. En The prehistory of the Tehuacan Valley. 1. Environment and subsistence. Byers, D.S., ed. Austin. University of Texas Press, págs. 261-289.
- CÁRDENAS CH., I. E. 1981. Algunas técnicas experimentales con tomate de cáscara (*P.ixocarpa Brot.*). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Centro de Genética. México. Pp. 5-13.
- CASAS A., J. CRUSE, A. OTERO, E. PEREZ AND A.VALIENTE (2007). In situ management and domestication of plants in Mesoamerica. *Annals of Botany* 100:1101–1115.
- CASIERRA- POSADA F., M. CARDOZO Y CÁRDENAS J. (2007). Análisis del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) cultivados bajo invernadero. *Agronomía Colombiana*: 25 (2): 299-305.
- CUEVAS-ARIAS, C. T., O. VARGAS, Y A. RODRÍGUEZ. (2008). Solanaceae diversity in the state of Jalisco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*: 79 (1): 67-69.
- D'ARCY, W. G. (1991). The Solanaceae since 1976, with Rewiew of its Biogeography. In: J. G. Hawkes, R.N. Lester, M. Nee y N. Estrada (Eds) *Solanaceae III: Taxonomy, Chemistry and Evolution*. Royal Botanical Garden, Kew. Gran Bretaña. pp. 75-138.
- D'ARCY, W. G. 2001. Solanaceae. In: Stevens, W. D., C. Ulloa U., A. Pool y O. M. Montiel (eds.). *Flora de Nicaragua*. Missouri Botanical Garden Press. St. Louis, Missouri, E.U.A. pp. 2376-2426.
- DEL AMO R, S. 1979. Plantas medicinales del estado de Veracruz. INIREB. Xalapa, Veracruz. México. 579p.

- DÍAZ, PJC; PHATAK, SC; GIDDINGS, D; BERTRAND, D; MILLS, HA. 2005. Root zone temperature, plant growth, and fruit yield of tomatillo as affected by plastic film mulch. *Scientia Horticulturae*. 40: 1312–1319.
- DÍAZ, PJC; PHATAK, SC; GIDDINGS, D; BERTRAND, D; MILLS, HA. 2005. Root zone temperature, plant growth, and fruit yield of tomatillo as affected by plastic film mulch. *Scientia Horticulturae*. 40: 1312–1319.
- ENGELS JMM, EBERT AW, THORMANN I y DE VICENTE MC. 2006. Centres of Crop diversity and/or origin, genetically modified crops and implications for plant genetic resources conservation. *Genetic resources and Crop evolution*, 53, 1675-1688.
- GARCÍA, E. 2005. Modificaciones al Sistema de Clasificación de Köppen. México, UNAM 90p.
- GENTRY, JR., J. L. Y P. C. STANDLEY. 1974. Solanaceae: In: Gentry, Jr., J. L. y P. C. Standley (eds.). *Flora of Guatemala - Part X, Numbers 1 y 2*. *Fieldiana Bot.* 24(10/1-2): 1-151.
- GILLESPIE J. H. 2004. *Population genetics; a concise guide*. The Johns Hopkins University Press
- HERNÁNDEZ, F. 1946. *Historia de las plantas de Nueva España*. UNAM. México. 3: 699-1104.
- HERRERA, MAM; ORTIZ, AJD; CHACON, SMI; Fischer, G. 2011. Behavior in yield and quality of 54 Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) accessions from north-eastern Colombia. *Agronomía Colombiana*. 29(2): 189-196.

- HINTON W.F. 1970. The taxonomic status of *Physalis lanceolata* in the Carolina sandhills. *Brittonia* 55, 14-19.
- HUDSON WD. 1986. Relationships of domesticated and wild *Physalis philadelphica*. En *Solanaceae: biology and systematics*. D'Arcy, W.G., ed. Nueva York. Columbia University Press.
- JUDD, S. W., S. C. CAMPBELL, E. A. KELLOGG, P. F. STEVENS, A. DONOGHUE. (2002). *Plant systematics. A phylogenetic approach*. 2a ed. Sinauer Sunderland, Massachusetts. 576 pp.
- LÓPEZ, SJA; MORALES, REJ; VIBRANS, H; MORALES, MEJ. 2018a. Net assimilation rate and yield of *Physalis* under cultivation in two Localities. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 41(2): 187-197
- LÓPEZ, SJA; MORALES, REJ; VIBRANS, H; USCANGA, ME; VARGAS, PO; MARTÍNEZ, DSM. 2018b. Cultivation of wild species of genus *Physalis* and its relationship with sinanthropy. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 21: 303-315.
- MAC NEISH, RS. 1966. A summary of the subsistence. In: D.S.Byers (ed.). *The prehistory of the Tehuacan Valley, Vol. 1. Environment and subsistence*. University of Texas Press. Austin, Texas. USA. pp.290-309.
- MARTINEZ, D. M. L. (2000). Infrageneric Taxonomy of *Physalis*. In: Nee, M.; M. E. Symon; R.N. Lester y J. P. Jessop (Eds.). *Solanaceae IV: Advances in biology and utilization*. TheRoyal Botanical Gardens, Kew. Pp. 275-284.
- MARTÍNEZ, M. (1998). *Systematics of Physalis (Solanaceae) sect. Epeteiorhiza*. Ph D. Dissertation, Dept. of Botany. University of Texas. Austin, Texas. 247 pp.

- MARTÍNEZ, M. 1995. Plantas útiles de la flora de México. Botas. México. 651 p.
- MARTÍNEZ, M. Y L. HERNÁNDEZ. (1999) Una nueva especie de *Physalis* (Solanaceae) de Querétaro, México. *Acta Bot. Mex*: 46:73-76.
- MCCLUNG DE TAPIA, E. 1980. Interpretación de restos botánicos procedentes de sitios arqueológicos. *Anales de Antropología*, 18, 149-166.
- MCCLUNG DE TAPIA, E. Y D. MARTÍNEZ-YRIZAR. 2005. Evidencia paleoetnobotánica del Xaltocan Posclásico/Paleoethnobotanical Evidence from Postclassic Xaltocan, EN Brumfiel, Elizabeth M., (Ed.), *La Producción y el Poder en el Xaltocan Posclásico/Production and Power at Postclassic Xaltocan*. Instituto Nacional de Antropología/University of Pittsburgh, Mexico, pp. 207-232
- MEDINA, MJR; ALMARAZ, AN; GONZALEZ, EMS; URIBE, SJN; Laura Silvia GONZÁLEZ, VLS; HERRERA, AY. 2015. Phenolic constituents and antioxidant properties of five wild species of *Physalis* (Solanaceae). *Botanical studies*. 56(1): 24-34
- MENZEL, M. Y. (1951). The Cytotaxonomy and Genetic of *Physalis*. *Proceedings of the American Philosophical Society* 95: 132-183.
- MONTE DE OCA, CM. 2014. Manejo del cultivo de tomate de cáscara a cielo abierto en el estado de México. México: Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal. 20p.
- MONTE DE OCA, CM. 2014. Manejo del cultivo de tomate de cáscara a cielo abierto en el estado de México. México: Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal. 20p.

- MORALES, REJ; FRANCO, MO; GONZÁLEZ, HA. 2011. Snap bean production using sunflowers as living trellises in the central high valleys of Mexico. *Ciencia e Investigación Agraria*. 38(1): 53-63.
- MORALES-MORALES E. J., E. J. MORALES-ROSALES, E. DÍAZ-LÓPEZ, A. J. CRUZ-LUNA, N. MEDINA-ARIAS Y M. GUERRERO-DE LA CRUZ (2015). Tasa de asimilación neta y rendimiento de girasol en función de urea y urea de liberación neta. *Agrociencia* 49:163-176.
- MORENO, R. A.; ZÁRATE, T. YVALDÉS, P. M. T. L. (2005). Desarrollo de tomate en sustrato de vermicomposta/arena bajo condiciones de invernadero. *Agric. Téc. (Chile)* 65:27-34
- MOTEWKA D, BERGER IJ, DRESSANO K, DE MARTIN VF, OLIVEIRA GC, BOCK RY CARRER H. 2008. Phylogenetic relationships in Solanaceae and related species based on cpDNA sequence from plastid trnEtrnT region. *Crop breeding and applied biotechnology* 8: 85-95.
- MUNDO C, L. A. (2009). Análisis de sendero en Tomate de Cáscara. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Narro 32 p.
- OLMSTEAD RG, BOHS L, MIGID HA, SANTIAGO-VALENTIN E, GARCIA VF Y COLLIER SM. 2008. A molecular phylogeny of the Solanaceae. *TAXON*, 57, 1159-1181.
- OLMSTEAD, R. AND J. D. PALMER. (1991). Chloroplast DNA and systematics of the Solanaceae. In: *Solanaceae III: Taxonomy, Chemistry, Evolution*, Eds. J.G. Hawkes, R.N. Lester, M. Nee and N. Estrada-R, Royal Botanic Gardens, Kew, 161-168 pp.

- PAAPE T, IGIC N, SMITH SD, OLMSTEAD R BOHS L Y JOHN JR. 2008. A 15Myr Bottleneck. *Molecular Biology and Evolution*. 25(4):655–663.
- PANDEY, K. K. (1957). Genetics of self incompatibility in *Physalis ixocarpa* Brot: a new system. *Am. J. Bot.*: 44: 879-887.
- PEÑA, LA; PONCE, VJ; SÁNCHEZ, CF; MAGAÑA, LN. 2014. Desempeño agronómico de variedades de tomate de cáscara en invernadero y campo abierto. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 37: 381-391.
- PÉREZ G., M.; F. MÁRQUEZ S. Y A. PEÑA L. (1998). *Mejoramiento Genético de Hortalizas*. Mundi-Prensa México. México, D.F. 380 p.
- PICKERSGILL B. (2007) Domestication of plants in the Americas: insights from Mendelian and molecular genetics. *Annals of Botany* 100:925–940.
- RAMÍREZ, GF; ROBLEDO, TV; FOROUGHBAKHC, PR; BENAVIDES, MA; HERNÁNDEZ, P JL; REYES, VMH; ALVARADO, VMA. 2013. Yield and fruit quality evaluation in husk tomato autotetraploids (*Physalis ixocarpa*) and diploids. *Australian Journal of Crop Science*. 7(7): 933–940.
- RAMÍREZ, VC; NIENHUIS, J. 2012. Evaluación del crecimiento y productividad del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo cultivo protegido en tres localidades de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. 25(1): 1 -15.
- RAMOS-LÓPEZ, BI; MARTÍNEZ-GUTIÉRREZ, GA; MORALES, I; ESCAMIROSA-TINOCO, C; PÉREZ-HERRERA, A. 2017. Consumo de agua y rendimiento de tomate de cáscara bajo diferentes cubiertas de invernaderos. *Horticultura Brasileira* 35: 265-270. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620170218>

- RENGIFO, SE; and VARGAS, AG. 2013. *Physalis angulata* L. (Bolsa Mullaca): A Review of its traditional uses, chemistry and pharmacology. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas. 12 (5): 431-445
- REYES F.G. 2002. Revista de Panorama Agropecuaria de Sinaloa.
- RODRÍGUEZ, C. N. C. Y M. L. BUENO A. (2006). Estudio de la diversidad citogenética de *Physalis peruviana* L. (Solanaceae). Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. 11 pp.
- SÁNCHEZ, M. J. y PEÑA, L. A. 2007. Variedades de Uso Común; un breve mirar a la riqueza mexicana. SAGARPA, SNICS Y SINAREFI. 52 p.
- SANTIAGUILLO H., J. F. Y BLAS Y. S. (2009). Aprovechamiento tradicional de las especies de *Physalis* en México. Revista de Geografía Agrícola, Estudios Regionales de la Agricultura Mexicana. ISSN 186-4394. 43:81-86.
- SANTIAGUILLO, HJF; CERVANTES, ST; Peña, LA. 2004. Selección para rendimiento y calidad de fruto de cruza planta x planta entre variedades de tomate de cáscara. Revista Fitotecnia Mexicana 27(1): 85-91.
- SANTIAGUILLO, HJF; VARGAS, PO; GRIMALDO, JO; MAGAÑA, LN; CARO VFJ; PEÑA, LA; SÁNCHEZ MJ. 2012. Diagnóstico del tomate de cáscara. México: Universidad Autónoma Chapingo. 46
- SANTIAGUILLO, HJF; VARGAS, PO; GRIMALDO, JO; SÁNCHEZ, MJ; MAGAÑA, LN. 2009. Aprovechamiento tradicional y moderno de tomate (*Physalis*) en México. México: Universidad Autónoma Chapingo. 31p.
- SARH-DGEA (1998) Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. SARH, México.

- SAS INSTITUTE. 2004. SAS/STAT User's Guide, Versión 8.02. USA: SAS Institute Inc. Cary, NC. 479p.
- STÄDLER T., ARUNYAWAT U. & STEPHAN W. 2008. Population genetics of speciation in two closely related wild tomatoes (*Solanum* Section *Lyscopesicon*). *Genetics* 178, 339-335.
- STEEL, RGD; TORRIE, JH. 1992. Principles and procedures of statistics. New York: McGraw Hill Book Co. Inc. 281p.
- SUDHAKARAN, S. Y A. GANAPATHI. (1999). Biosystematics of South Indian *Physalis*. In: M. Nee, D.E. Symon, R.N. Lester y J.P. Jessop (editors). *Solanaceae IV*, pp. 335-340. Royal Botanic Gardens, Kew.
- SULLIVAN, J. R. (1991). Reproductive biology of *Physalis viscosa*. En: W. G. D'Arcy (editor) 1986. *Solanaceae: Biology and Systematics*. New York. Pp. 274-283.
- VALDIVIA, MLE; FABIÁN A. RODRÍGUEZ, ZFA; SÁNCHEZ, GJJ; VARGAS, PO. 2016. Phenology, agronomic and nutritional potential of three wild husk tomato species (*Physalis*, *Solanaceae*) from Mexico. *Scientia Horticulturae*. 200: 83-94
- VARGAS P., O.; M. MARTÍNEZ Y DÍAZ Y P. DÁVILA A. (2003). La Familia *Solanaceae* en Jalisco, el género *Physalis*. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco. México. 127 pp
- VARGAS, O. M. MARTÍNEZ Y P. DÁVILA A. (2001). Two news species of *Physalis* (*Solanaceae*) endemic to Jalisco, Mexico. *Brittonia*: 53 (4): 505-510.
- VARGAS, PO; VALDIVIA, MLE; SÁNCHEZ, MJ. 2015. Potencial alimenticio de los tomates de cáscara (*Physalis* spp.) de México. *Agroproductividad*. 8(1): 17-23.

- VARGAS-PONCE O, PÉREZ LF, ZAMORA P, RODRÍGUEZ A (2011) Assessing genetic diversity in mexican husk tomato species. *Plant Molecular Biology* 29:733–738
- VARGAS-PONCE O., J. SÁNCHEZ MARTÍNEZ, M. P. ZAMORA-TAVARES AND L. E. VALDIVIA-MARES (2016). Traditional management of a small-scale crop of *Physalis angulata* in Western Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution* 63:1383–1395
- VARGAS-PONCE, O. M. MARTÍNEZ Y DÍAZ Y P. A. DÁVILA-ARANDA. (1999). *Physalis waterfalli* (Solanaceae), una especie nueva de los Estados de Jalisco y Michoacán. *Acta Bot. Mex:* 48:21-26.
- VAVILOV NI.1931. Mexico and Central America as a Basic center of origin of cultivated plants in the New World. En: Vavilov, NI. 1992. *Origin and Geography of cultivated plants*. Cambridge University Press, Great Britain. Pp. 208-238.
- WEREING, P. E; PATRICK J. (1975). Source-sink relations and partition of assimilates. In J. P. Cooper Celd, *photosynthesis and productivity in differents environments*. Cambridge Univ. Press. p. 481-499.
- WITHSON, M. Y P. S. MANOS. (2005). Untangling *Physalis* (Solanaceae) from the Physaloids: A Two-Gene Phylogeny of the Physalinae. *Systematic Botany:* 30 (1): 216-230.
- ZAMORA, TP; VARGAS PO; SÁNCHEZ, J; CABRERA, TD. 2015. Diversity and genetic structure of the husk tomato (*Physalis philadelphica* Lam.) in Western Mexico. *Genetic Resource and Crop Evolution*. 62(15): 151-153

ZOHARY D. 1999. Monophyletic vs. polyphyletic origin of the crops on which agriculture was founded in the Near East. *Genetic Resources and Crop Evolution* 46, 133–145.

(http://www.cicy.mx/sitios/Flora%20Digital/indice_busqueda.php).