



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

MONOGRAFÍA DEL CULTIVO DE *Physalis philadelphica* Lam.

TESINA

**QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA.**

P R E S E N T A:

ENRIQUE JOSÉ MAYA BELLO

(3ª GENERACIÓN)

NÚMERO DE CUENTA

(743999)

Modalidad: TESINA

ASESOR:

DR. JOSÉ ANTONIO LÓPEZ SANDOVAL

**CAMPUS UNIVERSITARIO "EL CERRILLO", EL CERRILLO
PIEDRAS BLANCAS, TOLUCA, ESTADO DE MÉX.**

MARZO DEL 2019.



ÍNDICE

	Página
ÍNDICE.....	2
I. RESUMEN	5
II. IMPORTANCIA DE LA TEMATICA	7
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA O PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	13
IV. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN EMPLEADAS.....	14
4.1 Recopilación bibliográfica	14
4.2 Bases de datos e internet.....	14
4.3 Visitas a herbarios.....	14
4.4 Consulta con especialistas	14
V. DESARROLLO TEMÁTICO	15
5.1 Origen	15
5. 2 Importancia económica	16
5.3 Taxonomía y sinonimia	16
5.4 Morfología	17
5.5 Distribución y aspectos ecológicos	18
5.6 Domesticación de <i>Physalis philadelphica</i> Lam.	19
5.7 Etnobotánica	22
5.8 Genética de poblaciones	26
5.9 Marcadores moleculares	27
5.10 Relaciones filogenéticas	29
5.11 Aspectos fisiológicos	29
5.12. Condiciones ecológicas del cultivo	31
5.13. Proceso técnico de producción del cultivo	32
5.14. Producción de etileno en la planta	39

5.15. Fenología	40
5.16. Desempeño agronómico de variedades de tomate de cáscara en invernadero y campo abierto	42
5.17. Diversidad y estructura genética del tomate de cáscara (<i>Physalis philadelphica</i> Lam.) en el Oeste de México	43
5.18. Aislamiento y caracterización de principios bioactivos de las hojas y tallos de <i>Physalis philadelphica</i>.	44
5.19. Filadelficalactonas C y D y otros compuestos citotóxicos de <i>Physalis philadelphica</i>	44
5.20. Inducción de la reductasa de quinona por ananólidos aislados de <i>Physalis philadelphica</i> (Tomatillos)	45
5.21. Propiedades de biosorción de cáscara de tomate verde (<i>Physalis philadelphica</i> Lam) para hierro, manganeso y hierro-manganeso de sistemas acuosos	46
5.22. Nuevos ésteres de sacarosa antiinflamatorios en el revestimiento pegajoso natural del tomatillo (<i>Physalis philadelphica</i>), una importante fruta culinaria	46
5.23 Ácidos grasos y calidad fisiológica de la semilla de tomatillo (<i>Physalis philadelphica</i> Lam.) durante el envejecimiento natural	47
5.24. Transcripciones para la variación natural del tamaño del órgano floral en <i>Physalis philadelphica</i> Lam.	48
5.25. Efecto de los procesos de cocción en el contenido de dos bioactivos carotenoides en <i>Solanum lycopersicum</i> L., <i>Physalis ixocarpa</i> Brot.y <i>Physalis philadelphica</i> Lam.	49
5.26. Caracterización molecular y criopreservación del tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.)	49
5.27. Cultivo de <i>Physalis philadelphica</i> Lam.en México	50

5.28. Variedades de <i>Physalis philadelphica</i>	51
5.29 Propagación in vitro de plantas de tomate (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot.) con tolerancia a enfermedades de tipo viral	52
5.30. Cultivo de anteras en tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot.)	53
5.31. Efecto del genotipo en la micropropagación de tomate de cáscara	53
5.32. Germinación y micropropagación de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i>) tetraploide	54
5.33. Calidad de fruto de genotipos tetraploides de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot.)	55
5.34 Densidad y poda en tres variedades de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) cultivado en invernadero	55
5.35. Manejo hidropónico del tomate de cáscara en invernadero	56
5.36. Los sustratos empleados en hidroponía	57
5.37. Efecto de la concentración de potasio en la calidad fisiológica de semilla de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot.) en invernadero	62
5.38 Producción de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot.) basado en láminas de riego y acolchado plástico	63
5.39. Desempeño agronómico de variedades de tomate de cáscara en invernadero y campo abierto	64
5.40. Cultivo de especies silvestres del género <i>Physalis</i> y su relación con la sinantropía	65
5.41. Tasa de asimilación neta y rendimiento de <i>Physalis</i> bajo cultivo en dos localidades	66
VI. CONCLUSIONES Y SUGERNECIAS	68
VII. REFERENCIAS DE CONSULTA	69

I. RESUMEN

El tomate verde, *Physalis philadelphica* Lam. es una especie perteneciente a la familia Solanaceae, ampliamente cultivada en Mesoamérica antes de la llegada de los españoles cuya domesticación ocurrió probablemente en el sur de México. En México se le encuentra como cultivo y como arvense en 55 Estados y el Distrito Federal en un rango altitudinal amplio que va de los 10 hasta los 5 600 msnm. Aunque su superficie cultivada es menor a la del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), el cultivo del tomate verde a alcanzado 41,753 ha. a nivel nacional.

Es común usar como sinónimo *Physalis ixocarpa* Brot. en lugar del nombre correcto según las reglas de nomenclatura *Physalis philadelphica* Lam. para tomate de cascara. *Physallis philadelphica* Lam. es una herbácea de 13 a 60 cm. de alto. Sus variedades cultivadas se comportan como anuales, pero hay poca información sobre esta especie en el medio silvestre. Aproximadamente la mitad de las especies del género *Physalis* se distribuyen en México, sin embargo, no se ha establecido con precisión la distribución natural de *Physalis philadelphica* Lam., pues los registros pueden estar afectados por la sinonimia con *P. ixocarpa* Brot. y *P. aequata* J. Jacq. ex Nees. Se trata de una planta fuertemente autoincompatible y el proceso evolutivo de dicha incompatibilidad ha sido objeto de estudio, encontrándose que la tendencia a la autoincompatibilidad ha estado sujeta a selección en buena parte de la familia Solanaceae. Las relaciones filogenéticas al interior de las solanáceas han sido objeto de intenso estudio. Aunque se ha establecido un cercano parentesco de *Physalis philadelphica* Lam. con especies como *Physalis heterophylla* Nees (Norteamérica) y *Physalis peruviana* L. (Perú), pocos estudios filogenéticos han incluido otras

especies mexicanas como *P. foetens* Poir. y *P. chenopodifolia* Lam., especie, esta última, que ha sido reportada como en proceso de domesticación incipiente. Así, si bien hay consenso en cuanto al origen mesoamericano de *Physalis philadelphica* Lam., el estudio de la distribución geográfica de sus variedades y en sentido más amplio, de la biogeografía del género *Physalis* es aún incipiente y limitado por la falta de estudio sobre su distribución natural.

Se han generado varios cultivares de tomate de cáscara para obtener mejores rendimientos, sin embargo recientemente la empresa Harris Moran está proponiendo para el cultivo algunas variedades como Dali F1; que da una planta vigorosa, ciclo extendido de excelente producción, alto rendimiento, frutos con buena uniformidad y atractivo de fruto grandes y extragrandes con buen llenado. Además, se propone el cultivo de Tamayo RF1, que da frutos grandes de color verde intenso, excelente llenado de bolsa, planta compacta con hábito de crecimiento semi abierto con alto potencial de rendimiento.

Palabras clave: Tomate de cáscara, *Physalis philadelphica* Lam., diversidad, usos

II. IMPORTANCIA DE LA TEMATICA

El miltomate, tomatillo, tomate verde, tomate de fresadilla, tomate de cáscara o simplemente tomate (*Physalis philadelphica* Lam.) es una especie botánica originaria de México, perteneciente a la familia de las solanáceas. Se conoce en México desde tiempos precolombinos y era cultivado por los aztecas y mayas. En México se ha incrementado la superficie destinada a este cultivo en los últimos 15 años, por lo que las compañías productoras de semillas y las universidades se han enfocado al desarrollo de nuevas variedades con las características que requieren los diferentes mercados. Si bien hay consenso en cuanto al origen mesoamericano de *Physalis philadelphica* Lam. (**Engels et al., 2006**), el estudio de la distribución geográfica de sus variedades y en sentido más amplio, de la biogeografía del género *Physalis* es aún incipiente y limitado por la falta de estudio sobre su distribución natural.

El tomate de cáscara es una especie alógama obligada por presentar autoincompatibilidad gametofítica, característica que dificulta su mejoramiento por métodos tradicionales. México es su centro de origen y aún se encuentra una gran diversidad genética, principalmente en cuanto a hábito de crecimiento, color, tamaño, forma y firmeza del fruto, precocidad y rendimiento (**Peña y Márquez, 1990; Santiaguillo et al., 2010**). Se trata de una planta fuertemente autoincompatible y el proceso evolutivo de dicha incompatibilidad ha sido objeto de estudio, encontrándose que la tendencia a la autoincompatibilidad ha estado sujeta a selección en buena parte de la familia Solanaceae (**Paape et al., 2008**).

Investigaciones realizadas con base en caracteres morfológicos y evolutivos, han agrupado las diversas poblaciones de tomate de cáscara *Physalis philadelphica* Lam. en ocho cultivares: Milpero Silvestre, Milpero Cultivado, Arandas, Tamazula, Manzano, Rendidora, Salamanca y Puebla, proponiendo este orden de acuerdo al grado evolutivo presentado **(Peña et al, 1998)**.

El Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, encargado de normar y vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales en materia de semillas y variedades vegetales. En el SNICS se encuentran registradas once variedades de tomate de cáscara: CHF1-Chapingo, Diamante, Manzano Tepetliltla, Milpero Tetela, Potrero, Puebla SM3, Rendidora, Salamanca, Tamazula SM3, Tecozautla 04 y Yema de Huevo **(SNICS, 2015)**, las cuales están descritas morfológicamente con base en la guía para la descripción varietal de tomate de cáscara de la Unión para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV). La guía tiene como referencia las once variedades registradas en el SNICS y consta de 49 características concentradas en 11 grupos: Plántula, Planta, Tallo, Hoja, Pecíolo, Flor, Fruto, Cáliz, Pendúnculo, Semilla, Floración, Cosecha y Poscosecha **(Peña et al., 2011)**.

Physallis philadelphica es una herbácea de 13 a 60 cm. de alto. Sus variedades cultivadas se comportan como anuales, pero hay poca información sobre esta especie en el medio silvestre. Aproximadamente la mitad de las especies del género *Physallis* se distribuyen en México, sin embargo, no se ha establecido con precisión la distribución natural de *Physallis philadelphica*, pues los registros pueden estar afectados por la sinonimia con *P. ixcarpa* y *P. aequata* **(Axelius, 1996)**.

El cultivo de tomate de cáscara ha tomado importancia en los últimos 30 años, periodo en que se ha duplicado su producción. En 1980 se establecieron 51 mil hectáreas y en 5010 se incrementaron a 48 mil. El cultivo de esta especie se ha consolidado como una de las principales hortalizas en México y como una alternativa productiva en América y Europa. En 1993 ocupó el quinto lugar en la olericultura del país, siendo superado sólo por el chile, jitomate, papa y cebolla y en la actualidad es una de las principales hortalizas con alrededor de 46,000 ha cosechadas, siendo los principales estados productores Sinaloa, Jalisco, Puebla, Sonora, Zacatecas y Estado de México. Resultados experimentales y comerciales permiten reafirmar el potencial productivo alto de la especie. **Soldevilla et al. (2002)**, obtuvieron rendimientos superiores a las 83 t/ha utilizando acolchado plástico, fertirrigación, espalderas e inyección de CO₂ al sistema de riego. Estos rendimientos excepcionales obtenidos en sitios específicos son producto de la utilización de nuevas tecnologías, que por lo general se habían venido utilizando en otras hortalizas. Adicionalmente, los nuevas cultivares se han sometido a procesos de mejora por parte de los productores, investigadores de Universidades y de las mismas empresas comerciales, que han puesto énfasis en aumentar la calidad de sus materiales con base en las expectativas de los mercados locales, nacionales y extranjeros. Históricamente el tomate de cáscara ha formado parte de la dieta alimenticia de los habitantes del México prehispánico, por lo que su aprovechamiento a través de su cultivo y recolección de frutos silvestres se remonta a las culturas de los Mayas y los Aztecas

En México el tomate verde, tomate de cáscara o tomatillo (*Physalis philadelphica* Lam.) es cultivado por sus frutos, en condiciones de temporal y riego, en diversas regiones del país. Por su carácter utilitario,

a lo largo de su área de distribución las especies de *Physalis* tienen importancia social actual e histórica. Diversas fuentes señalan la importancia gastronómica, alimenticia y medicinal de varias especies del género. En el ámbito social se debe considerar la importancia cultural, que incluye la percepción y uso del recurso, y las prácticas de aprovechamiento, consumo y comercialización; así como la evidencia antropológica y arqueológica de su uso a lo largo del tiempo.

En lo que se refiere al uso del recurso y las prácticas de aprovechamiento se sabe que tanto el cultivo en agroecosistemas tradicionales y comerciales, como la recolección de frutos de poblaciones silvestres y toleradas, ruderales y arvenses, para consumo familiar, venta de oportunidad y venta en mercados diversos, son actividades sociales preponderantes entre productores tradicionales de México. Estas actividades al mismo tiempo tienen una repercusión importante en la economía familiar o empresarial. Dos especies son cultivadas a escala comercial *P. philadelphica* Lam. y *P. angulata* L. La primera se cultiva en gran extensión en al menos 57 estados del país, la segunda en pequeñas extensiones en el estado de Jalisco. El cultivo involucra la contratación de jornaleros para participar en el proceso de producción, cosecha y empaque del fruto, lo cual tiene también una connotación de impacto social. Otro factor de impacto social, es la existencia de una cadena de comercialización nacional e internacional, que integra a productores, intermediarios, vendedores y consumidores; a través de esta actividad existe una gran movilización del germoplasma.

Physalis philadelphica, es una especie de la familia Solanaceae, que se en varias investigaciones se publica como *Physalis ixocarpa*. Sus diferentes usos y su distribución en la mayoría de las entidades del país, deberían estimular el desarrollar estudios enfocados a conocer y

comprender mejor la riqueza fitoquímica de la especie, el fundamento bioquímico y fisiológico de sus propiedades medicinales, la variabilidad genética, así como para desarrollar marcadores moleculares que faciliten la domesticación de la especie y la generación de nuevos cultivares y que brinden información para estudios evolutivos y taxonómicos. Las investigaciones reportadas sobre la especie *Physalis philadelphica* abarcan todos los campos, desde ecológicas y mejoras en el cultivo y transporte, hasta composición fitoquímica y propiedades benéficas para nuestra salud. Si bien es cierto que la mayoría de los trabajos se centran en la especie y variedades comerciales no debemos olvidar el reservorio silvestre de esta especie en México nos ofrece, pues la posibilidad de ampliar nuestro conocimiento sobre esta especie, quedará muy limitada si nos acotamos tan sólo a las especies domesticadas. La variabilidad y diversidad que el conjunto de los individuos silvestres de la especie ofrece, y los posibles compuestos químicos que quedan por descubrir pueden ser un recurso valioso, tanto ecológico como comercial.

La especie *Physalis philadelphica* se caracteriza por tener un cáliz globoso que envuelve al fruto durante toda su maduración. Dentro del cultivo de hortalizas, el tomate de cáscara es el quinto en importancia a nivel nacional, según la superficie sembrada. La riqueza de especies de *Physalis* en México hace de este país su centro de diversidad. Los estudios moleculares son una herramienta valiosa que genera información para abordar, con una perspectiva más amplia, esos aspectos taxonómicos. La determinación de la variabilidad y el interés de encontrar correlaciones entre marcadores moleculares y características fenotípicas en diferentes especies cultivadas va en aumento, ya que pueden ser indicadores útiles para distintas aplicaciones. Para *Physalis philadelphica*, lo anterior es necesario para el desarrollo de tecnologías de producción y para aprovechar las especies silvestres, muchas de las

cuales tienen un alto valor alimenticio y son fuente de importantes sustancias con usos medicinales, como los flavonoides, que son antioxidantes naturales; los witanólidos, que son sustancias con potencial anticancerígeno; y otras sustancias de interés para el consumo diario, como folatos y vitaminas. Es todo esto lo que hace de *Physalis philadelphica* una especie de interés para México.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA O PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Por la importancia del tomate de cascara en la alimentación en México, es importante generar un documento que recopile toda la información bibliográfica existente hasta la fecha y detectar aspectos en los cuales sea necesario investigación o difundir a través de este documento los aspectos relevantes de esta especie.

IV.MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN EMPLEADAS

4.1 Recopilación bibliográfica

Se visitaron bibliotecas de las siguientes instituciones para recopilar información: Universidad Autónoma del Estado de México, Universidad Autónoma Chapingo, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Universidad Autónoma Metropolitana, Tecnológico de Monterrey Campus Querétaro entre otros. Además, se visitaran Centros de Investigación en el área agrícola, para la búsqueda de información bibliográfica relacionada con la especie.

4.2 Bases de datos e internet

Se consultaron bases de datos y páginas de Internet.

4.3 Visitas a herbarios

Se visitaron diferentes herbarios para ampliar la información sobre la distribución geográfica y usos de las especies: Herbario del Tecnológico de Monterrey Campus Querétaro, Herbario Nacional de la Universidad Nacional Autónoma de México, Herbario de la Universidad Autónoma Metropolitana, Herbario de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México y Herbario del Colegio de Postgraduados de la Universidad Autónoma Chapingo.

4.4 Consulta con especialistas

Se consultaron a los especialistas de la familia Solanaceae en México, (Ofelia, Vargas-Ponce, Universidad de Guadalajara) a la cual pertenece *Physalis philadelphica* Lam., para la obtención de información y consulta de dudas acerca del tema y para la estructuración de la monografía.

V. DESARROLLO TEMÁTICO

5.1 Origen

El miltomate, tomatillo, tomate verde, tomate de fresadilla, tomate de cáscara o simplemente tomate (*Physalis philadelphica* Lam.) es una especie originaria de Mesoamérica, donde su nombre original en náhuatl es "tomātl" que significa "agua gorda" y pasó al español como "tomate". Diversos hallazgos arqueológicos prueban que su uso en la alimentación y de forma medicinal en la población mexicana se remonta a tiempos precolombinos (**Saray y Ramírez, 1977**).

Se han encontrado vestigios de la utilización de *Physalis* como alimento en las excavaciones del valle de Tehuacán (900 a.C-150 D.C.). En tiempos prehispánicos, en México era mucho más apreciado que el jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.); sin embargo, esta preferencia no se ha mantenido, excepto en el medio rural, donde, además de la persistencia de hábitos alimenticios antiguos, aún es estimada la mayor resistencia del tomate a la putrefacción. En excavaciones realizadas en varias localidades del Valle de México (Mc Clung de Tapia, *conv. pers.*), se han reportado más de 1500 registros de restos de plantas de la familia Solanaceae asociadas a las comunidades nativas de estas zonas, 399 de los cuales, corresponden al género *Physalis*. Además de estos registros de *Physalis*, **McClung (1980)**, reporta el hallazgo de 14 ejemplares de *Physalis* en excavaciones de Tetitla, un conjunto habitacional dentro del Centro Urbano de Teotihuacán, que se caracterizó por albergar habitantes de un nivel socio-económico "acomodado", estos hallazgos corresponden al periodo Xolalpan (Clásico Tardío, aprox. 550-650 d.C.) (**FAO, 1995**).

5. 2 Importancia económica

El tomate de cascará es una especie hortícola de importancia en México por su amplio consumo en la alimentación de la población y se ubica entre las principales cinco especies hortícolas cultivadas en México, solamente superada por el chile *Capsicum annun* L., la papa *Solanum tuberosum* L., el jitomate *Lycopersicon esculentum* Mill. y la cebolla *Allium cepa* L. La superficie nacional dedicada a este cultivo es de 43,505 ha con un rendimiento promedio aproximado de 14 ton.ha⁻¹ **(SIAP, 2015)**, aunque diversas investigaciones reportan un potencial productivo de hasta 40 ton.ha⁻¹ **(Santiaguillo et al., 1998)**. Su importancia económica va en auge dado que su cultivo se ha extendido a otros países con fines alimenticios y/o comerciales. Asimismo, en la medicina tradicional desde épocas remotas se ha usado para la cura de diversas enfermedades **(Villatoro, 1996)**.

5.3 Taxonomía y sinonimia

Physalis philadelphica Lam. fue domesticada en México y de ahí fue llevada a Europa y otras partes del mundo **(Fernandes, 1974)**. El tomate cultivado de México por muchos años fue denominado *P. ixocarpa* Brot. ex Horm., a pesar de que la planta de Brotero sólo se parece superficialmente a la descrita por Lamarck como *P. philadelphica* Lam. ; posteriormente Rydberg le confirió precedencia a *P. ixocarpa* Brot. ex Hornem., incluyó tanto formas perennes como anuales en *P. philadelphica* **(Hudson, 1986)**. **Menzel (1951)**, al revisar el complejo *P. ixocarpa* reconoció dentro de él las formas anuales consideradas originalmente como *P. philadelphica* por Rydberg y concluyó que tanto dichas formas, como las perennes, que constituían el resto del complejo *P. ixocarpa*, estaban pobremente relacionadas con las formas norteamericanas al norte de México. A pesar de ello, **Waterfall (1967)**

estimó como triviales las diferencias entre *P. ixocarpa* Brot. ex Hornem. y el tipo *P. philadelphica* Lam., y por ello este autor adoptó el nombre de *P. philadelphica* (el más antiguo) para incluir a los tomates mexicanos, así como diversas formas cultivadas y escapadas del cultivo en Europa y Norteamérica. **Waterfall (1967)** redujo *P. ixocarpa* a sinónimo de *P. philadelphica* Lam. y describió dos variedades con flores de menor diámetro que la típica y separadas entre sí por la presencia de una mancha en los pétalos.

5.4 Morfología

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, 1986**). **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 1-5.5 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 deltoideos u ovados, por lo común con tonalidades púrpuras oscuras. **Corola** amarilla, de 0.9-1.6 cm de largo, 1-5 cm de diámetro, el cuello pubescente, máculas simples, púrpuras a azules claras en ejemplares de herbario, de 5-4 mm de largo. Estambres con anteras azules, convolutas después de la dehiscencia, de 5.5-3 mm de largo, filamento púrpura, de 5-3 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 1-5.7

cm de largo, 1-5.5 cm de ancho, de color verde con tonalidades púrpuras en la base, glabro; pedicelos en fructificación hasta de 1.5 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 5-8.5 cm de largo por 1-6 cm de ancho, ápice agudo alígeramente acuminado, con márgenes toscas e irregularmente dentados, con 5 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 0.8-5.3 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 0.5-0.35 cm de largo, generalmente retorcidas después de la dehiscencia; cáliz del fruto de 1.8-4.3 cm de largo por 5.5-6.0 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.

5.5 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 5 300 m. 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 potencial 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* Lam. 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* Lam. la incluye ampliamente, lo cual por un lado le brinda consistencia a la predicción, y por otro, va de

5.6 Domesticación de *Physalis philadelphica* Lam.

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 (1980) 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, 1926; 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* Lam., 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* Lam. fue domesticada en el pasado. Por otra, nos habla de que, de manera concordante con la complejidad generalizada del proceso de domesticación en Mesoamérica (**McCLung, 1980; Engels et al., 2006 y 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* L. (**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* Lam. 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; 5) 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* Lam. 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* Lam. 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.

5.7 Etnobotánica

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, 1980; 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, 2001**).

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* L. 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 500 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 (1975 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 **(McClung, 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 **(McClung, 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). Sahagún (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, 1995)**.

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 (1995)**, 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 (**Morton y Russell, 1995; De Sahagún, 1956; Bukasov, 1963; Anónimo, 1978**). En efecto, en una colección reciente de libros de cocina mexicana (**Fernández y Yani, 1986**), se incluyen seis recetas con el tomate como ingrediente principal y 53 con el tomate como ingrediente complementario (condimento).

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, 1995; 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. philadelphica* Lam. 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* Lam. y *P. angulata* L. , 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)**.

5.8 Genética de poblaciones

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, 2005**).

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.

5.9 Marcadores moleculares

La mayoría de los trabajos evolutivos que han incluido a *Physalis* se han centrado en el aspecto filogenético (**Olmstead, 2005**), por lo que los marcadores moleculares que se ha desarrollado más intensamente han sido aquéllos con variación interespecífica, como *rbcl*, *matk*. Este tipo de marcadores no suelen contener suficiente variación

como para resolver algunas ramas infragenéricas, por lo que es posible suponer que no aportarían información relevante en el caso de estudios enfocados a entender la evolución de *Physalis philadelphica* Lam. y la genética de poblaciones de esta especie.

Existen sin embargo algunos estudios enfocados en comprender la genética de poblaciones de solanáceas afines, a los cuales ya hemos hecho referencia. Algunos de ellos, así como otros trabajos recientes **(Wan et al., 2008)** han intentado explícitamente el desarrollo de marcadores moleculares con posibilidad de ser amplificados en más de una especie de solanáceas y proveen de algunas posibilidades para su uso en *Physalis philadelphica* Lam.

A partir del genoma de cloroplasto de *Nicotiana tabacum* L. se han detectado loci de secuencias simples repetidas (microsatélites), que son compartidos por otros linajes de solanáceas **(Bryan et al., 1999)**. Estos microsatélites fueron amplificados exitosamente en diferentes taxa de solanáceas, encontrándose que 56 de 36 loci resultaron polimórficos al interior de diferentes variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). Más aún, uno de los primers ha sido amplificado para *Physalis floridana*. Este par de primers, el NTCP15, tiene potencial como marcador molecular para ser empleado en estudios posteriores de la genética de poblaciones de *Physalis philadelphica*.

Otro grupo de microsatélites han sido utilizados en el estudio de *Przewalskia tanguica* Maxim. **(Wan et al., 2008)**. Esta especie se encuentra dentro de Solanoideae, en un clado basal **(Olmstead et al., 2005)**. Wan y sus colaboradores caracterizaron 15 loci nucleares polimórficos, con valores de heterocigosis de bajos a intermedios (He de 0.59 a 0.49). La utilidad de este tipo de marcadores en otros linajes de

Solanoidae (*Physalis philadelphica* Lam.) estaría condicionada a la conservación de las regiones donde se encuentran ubicados los templados, denotados por las siglas Pt01-15.

5.10 Relaciones filogenéticas

Las relaciones filogenéticas al interior de las solanáceas han sido objeto de intenso estudio **(Withson y Manos, 2005; Montewka et al., 2008; Olmstead et al., 2008)**. Aunque se ha establecido un cercano parentesco de *Physalis philadelphica* Lam. con especies como *Physalis heterophylla* Nees (Norteamérica) y *Physalis peruviana* L. (Perú), pocos estudios filogenéticos han incluido otras especies mexicanas como *P. foetens* Poir. y *P. chenopodifolia* Lam. , especie, esta última, que ha sido reportada como en proceso de domesticación incipiente **(INIFAP, 2008)**.

5.11 Aspectos fisiológicos

Crecimiento. La planta de tomate de cáscara tiene un ciclo de vida de 85 a 90 días desde la siembra hasta la senescencia. Cuando la plántula emerge inicia un crecimiento lento, aproximadamente 1 cm por día; posteriormente, como a los 54 días el crecimiento se acelera estabilizándose a los 55 días aproximadamente, que es cuando alcanza una altura de 90 cm de longitud, la planta sigue creciendo lentamente y puede llegar a alcanzar un poco más de 1 m; esto sucede como a los 70 días, después la planta empieza envejecer **(Saray y Ramírez 1977)**.

Desarrollo de entrenudos. Los entrenudos de las plantas de tomate de cáscara alcanzan diferentes longitudes en las distintas etapas de su desarrollo. Lo que da origen a que las plantas presenten marcadas zonas a las cuales se les ha denominado: zona del tallo no ramificado, zona inicial, zona media, zona transitoria y zona terminal, las últimas

cuatro ocurren sobre las cuatro ramificaciones principales del tallo. Los entrenudos de la zona inicial son de tamaño mediano, los más vigorosos ocurren en la zona media, siguiéndole los de la zona transitoria y los de la zona terminal, los cuales son los más pequeños. Los entrenudos terminales de tomate de cáscara se van haciendo más cortos hacia el final del ciclo probablemente debido a que la planta está entrando en la etapa de senescencia. Los entrenudos basales son más cortos quizá porque en un inicio hay otros órganos como las hojas que se están desarrollando muy fuertemente, lo cual puede causar competencia en su desarrollo. La diferencia en longitud de los entrenudos de las ramas laterales, y aún más de las ramas sublaterales con respecto a la rama principal, probablemente se deba a efectos de competencia de nutrientes entre ellos mismos **(Mulato, 1984)**.

Floración. Después de la siembra, entre los 17 y 50 días se inicia la diferenciación de las yemas florales; la aparición de las primeras flores ocurre a los 58 o 30 días y continúa floreciendo hasta que la planta muere. A partir de la aparición de las primeras flores, se viene una gran pudrición de ellas. Al momento de la apertura de las flores, las anteras se encuentran indehiscentes, esto ocurre entre las 8 a 15 horas de la mañana **(Montalvo, 1996)**.

Polinización. Las flores de tomate de cáscara se identifican como alógamas obligadas debido a un sistema de autoincompatibilidad homomorfa con control gametofítico y epistasia, siendo dos genes, cada uno con alelos múltiples, los que ejercen dicho control. En este sistema el polen es incompatible cuando uno o más alelos están presentes tanto en el grano de polen como en el estilo. La incompatibilidad es una imposibilidad fisiológica controlada genéticamente para producir frutos por autofecundación. El polen generalmente no llega a germinar y si lo

hace el tubo polínico no tiene la capacidad de penetrar a través del estigma. Pero se ha encontrado que en algunas ocasiones el polen puede llegar a germinar y el tubo polínico crece a lo largo del estilo, pero lo hace tan lentamente que raras veces alcanza el tiempo para efectuar la fecundación. La velocidad de crecimiento de los tubos polínicos incompatibles puede ser afectada por el genotipo **(Pérez et al., 1998)**.

Fructificación. El "cuajado" (fecundación de los ovarios) de los frutos se inicia a los 35 días, mientras que a los 45 días se inicia la formación de cascabel (cáliz que cubre el ovario), dentro del cual se desarrolla un fruto pequeño bien definido. La maduración de los mismos ocurre aproximadamente de 50 a 55 días del cuajado **(Montalvo, 1996)**. Inmediatamente después de que la corola cae el ovario y el cáliz comienzan a elongarse, posteriormente éste va envolviendo al fruto del tomate, que es una baya que crece lentamente y adquiere su forma característica. Algunos frutos pueden llenar la bolsa que los cubre y otros no, en su mayoría la rompe si se permite que se desarrollen plenamente.

5.12. Condiciones ecológicas del cultivo

Suelo. Este cultivo requiere de suelos arcillo-arenosos, con disponibilidad de riego en regiones donde la precipitación no sea suficiente para el desarrollo de la planta, no se recomienda en suelos delgados, ya que no hay un buen desarrollo. El pH puede variar de 5.0 a 7.0 **(Martínez y Villagomez, 1995)**.

Humedad. Las etapas críticas para el cultivo en cuanto a humedad son: la germinación, la emergencia y el trasplante; el resto del ciclo necesita de un 60% de humedad aprovechable en el suelo. En condiciones de baja humedad el cultivo tiende a emitir rápidamente las flores, se acelera la maduración, los frutos son pequeños en bajo número

y algunos se deforman tomando un sabor ácido (**Saray y Ramírez, 1977**).

Temperatura. La temperatura óptima que requiere el cultivo es de 50 a 55 °C; para el crecimiento vegetativo de 55 a 55 °C, ya que temperaturas mayores a 30 °C el crecimiento disminuyen y con más de 40 °C se detiene. En la etapa reproductiva con más de 30 a 35 °C el tubo polínico se deshidrata y se tiene una mala polinización y frutos mal formados (**Saray y Ramírez, 1977**).

Luz. El tomate de cáscara es una hortaliza poco exigente en luz. Las variedades comerciales requieren alrededor de 7000 luxes y de 10 horas luz (**Saray y Ramírez, 1977**).

5.13. Proceso técnico de producción del cultivo

Preparación del terreno. Para lograr el éxito en el cultivo de tomate de cáscara es indispensable una adecuada preparación del terreno, la cual depende en gran parte del cultivo anterior. Es necesario realizar un barbecho profundo de 55 cm aproximadamente, seguido de una "cruza" si se considera necesario, posteriormente deben darse los pasos de rastra necesarios para dejar bien mullido, con el fin de lograr un adecuado desarrollo radicular (**Saray y Ramírez, 1977**). Se recomienda surcar a 1 m de distancia, ya que a distancias menores no se consiguen resultados significativos. **Castillo et al., (1992)** encontraron que para condiciones de Chapingo, México la mejor densidad es de 50,000 plantas/ha., una planta por mata a cada 50 cm de distancia y a 1 m de separación entre surcos.

Época de siembra. Es común encontrar que en las zonas templadas y áridas del país el ciclo del cultivo se limita a la estación primavera-verano y para las tropicales y subtropicales se cultiva en el ciclo otoño-invierno **(Saray y Ramírez, 1977)**.

Método de siembra. La siembra se puede hacer mediante dos métodos: a) Siembra directa. Este método utiliza alrededor de 5.0 kg/ha. Se deposita de 10 a 50 semillas por golpe de siembra. b) Siembra por trasplante. Esta forma de siembra es la más común, necesitándose para una hectárea 0.5 kg de semilla, estableciendo un almácigo de 40 m², y se transplanta de 1 a 5 plantas por mata según sea su vigor. El momento apropiado para esto es cuando la planta tiene una altura de 8 a 10 cm, la cual se alcanza alrededor de los 15 a 18 días en el verano y de los 18 a 51 días en invierno; bajo condiciones climáticas del estado de Morelos **(Saray y Ramírez, 1977)**.

Labores de cultivo. Cuando se realiza la siembra directa es necesario el aclareo a los 8 ó 10 días de emergidas las plantas, dejando de 3 a 4 plantas por mata a fin de evitar un crecimiento raquítrico o cuando se estime que la planta se ha establecido definitivamente en el terreno (50 a 30 días después de la emergencia) se debe hacer un segundo aclareo, dejando solamente dos plantas por mata. En el sistema de trasplante únicamente se reponen las plantas que generalmente fallan, a los 5 días de haber realizado el mismo, con el objeto de tener una densidad de población adecuada y homogéneo **(Saray y Ramírez, 1977)**.

Deshierbes. Estos deben realizarse cuando sea necesario, durante los primeros 35 días después del trasplante, al mismo tiempo que se afloja el terreno. Aproximadamente a los 30 días después se recomienda

dar un paso de cultivadora para eliminar malezas, desmenuzar el suelo y evitar la formación de terrones que dificulten el aporqué, el cual debe efectuarse inmediatamente después de la cultivada, ya que así se consigue tapar el fertilizante y arrimar la tierra para el buen sostén de la planta **(Saray y Ramírez, 1977)**.

Riegos. Se debe efectuar los riegos oportunamente para conseguir un buen desarrollo de la planta, principalmente en las etapas críticas que son germinación, emergencia y trasplante y mantener un 60% de humedad aprovechable en el suelo **(Saray y Ramírez, 1977)**.

Fertilización. En el campo experimental de la UACH, comúnmente se utiliza la fórmula 160-80-00. Por lo general la aplicación de fertilizantes es en forma fraccionada, aportando la mitad del Nitrógeno y todo el fósforo en el trasplante o entre los 8-15 días posteriores al trasplante y aportando el resto del nitrógeno al inicio de la fructificación. La absorción de nutrientes es paralela al ritmo de crecimiento, estacionándose en el período de maduración; de esta manera es necesario aportar de un 30 a 50% del Nitrógeno junto con todo el fósforo y potasio a la siembra o plantación, el resto del nitrógeno se distribuye en el ciclo. Se recomienda la dosis 150-40-00, haciendo la primera aplicación al momento de la siembra, aplicando la mitad del nitrógeno y todo el fósforo, y la segunda aplicación el resto del nitrógeno a los 15 ó 50 días después de la primera **(Saray y Ramírez, 1977)**.

Plagas. Se han encontrado las siguientes plagas **(Jiménez et al 1992)**:

- **Pulga Saltona (*Epitrix cucumeris* Harris).** Este insecto causa daños al tomate desde su nacimiento, siendo las 4 primeras semanas

cuando puede causar el mayor daño, y si no hay un combate adecuado puede devorar completamente el follaje de la planta.

- **Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* W).** Los daños son causados por las ninfas y los adultos, ya que ambos se alimentan del envés de las hojas, succionando la savia; así mismo, son transmisores de enfermedades principalmente virosas.
- **Gusano trozador (*Feltia* spp y *Agrostis* spp).** Éstos atacan a las plantas en sus primeras etapas de crecimiento, que va de una altura de 5 a 15 cm, se alimentan de la parte basal del tallo, el cual trozan completamente originando la caída de la planta
- **Catarinita del tomate de cáscara o Mayate del tomate (*Lema trilineata* K.).** El daño que causa la larva es por alimentarse del follaje; en infecciones severas solo se observan las nervaduras centrales.
- **Picudo del Toloache (*Trichovarix mucorea* L.).** Este coleóptero causa daños hacia el final del ciclo del cultivo, siendo las larvas las que ocasionan los mayores de esto, ya que se alimentan del centro del tallo y causan la muerte de las plantas.
- **Mosca del tomate de cáscara (*Diaphania nitidalis*).** El daño es causado por la larva, la cual, al igual que el picudo, afecta el centro del tallo.
- **Chicharritas y Minadores (*Empoasca* spp y *Liriomyza* spp).** La primera plaga ocasiona daños muy graves a la planta al alimentarse de su savia. El minador realiza galerías en las hojas disminuyendo el área foliar de la misma.

- **Gusano del fruto (*Heliothis suflexa* Gueneé.)** El daño lo causa la larva al alimentarse inicialmente del follaje y frutos pequeños, muchos de los cuales pueden ser devorados por el gusano.

Enfermedades. Se han encontrado las siguientes enfermedades **(Jiménez, 1992, INIFAP, 2008):**

- **Cenicillas (*Oidium* spp.).** Es la enfermedad del tomate que se ha venido generalizando después de la floración; ataca ramas y tallos así como hojas y frutos cuando existen condiciones de alta humedad favorables para el desarrollo del hongo que lo provoca. Su ataque disminuye el rendimiento y la calidad de la cosecha hasta 50%

- **El “chino o chahuixtle”,** cuyo agente casual son virus que aparecen generalmente después de iniciada la floración y los principales síntomas son: deformación de los frutos, amarillamiento y arrugamiento de las hojas, lo mismo que la detención del crecimiento y achaparramiento de las hojas.

- **Mancha de la hoja (*Cercospora physalidis* Ellis)**

Puede provocar una fuerte defoliación y manchado de frutos cuando el ambiente es favorable, con pérdidas que llegan a alcanzar niveles del 20-30%.

- **Carbón blanco (*Entyloma australe* Speg.)**

En Sinaloa es una enfermedad esporádica pero devastadora, con pérdidas que pueden superar al 50%, cuando ocurren abundantes lluvias invernales.

- **Moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*) (Lib.)**

El moho blanco es una enfermedad que puede ser devastadora en tomate de cáscara. Atacar a más de 500 especies de plantas de hoja ancha; tanto de maleza, como cultivos, entre los que destacan: frijol, garbanzo, papa, chile, tomate y berenjena.

- **Pudrición del tallo (*Cercospora* sp)**

Esta enfermedad se detectó en el año 2005, en plantaciones ubicadas en Higuera de Zaragoza y en el Valle del Carrizo (Municipio de Ahome, Sinaloa), con pérdidas estimadas en 30-50% de la producción. En los tallos dañados generalmente se aprecia también el daño de *Trichobaris championi* (Barber) (Coleoptera: Curculionidae); este insecto es una plaga primaria del tomatillo y el ataque combinado con el hongo, deriva en daños más severos. En los tallos podridos también se detectan otros hongos y bacterias que agravan los daños.

- **Secadera (*Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium* sp, *Macrophomina* y *Sclerotium*)**

La secadera, también conocida como marchitamiento o marchitez, es causada por un complejo de hongos que habitan en el suelo, como lo son *Fusarium solani* (Wollenw) Gerlach, *Fusarium oxysporum* Schlech., *Rhizoctonia solani* (Frank) Donk, *Pythium* sp., *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid y *Sclerotium rolfii* Curzi. Se presenta en cualquier etapa de desarrollo del cultivo, con pérdidas que pueden superar 50%.

Cosecha. El número de cortes varía de 4 a 6 dependiendo del vigor y la carga de la planta. El primer corte, también conocido por los productores como "calentamiento" debe darse cuando maduran los 3 ó 4 primeros frutos de la mayoría de las plantas, esto generalmente ocurre en los primeros 55 días después del transplante. Los frutos maduros

generalmente se distinguen por llenar completamente la "bolsa" e incluso la llegan a romper. En general la producción se inicia a los 70 días de establecido el cultivo, para dar un promedio de 4 cortes, uno cada 8 días, y obtener rendimientos de 4 a 10 ton/ha en temporal y de 15 a 55 ton/ha en riego (**Saray y Ramírez, 1977**).

Momento óptimo de cosecha. El tomate de cáscara el número de cortes varía, dependiendo del vigor y de la carga de la planta, pero por lo general se dan de 4 a 6. Los frutos maduros se reconocen por que llenan completamente la "bolsa" que los cubre (cáliz), e incluso la rompen en ocasiones, lo cual ocurre entre 70 y 80 días en climas tropicales y a los 100 días en condiciones templadas. Los cortes se deberán iniciar cuando hayan madurado los primeros tres o cuatro frutos en la mayoría de las plantas, lo cual ocurre de los 55 a 70 días después de la siembra. **Saray (1982)**, también recomienda que la cosecha se inicie con los primeros frutos desarrollados, maduros, cortando cada semana hasta cosechar el total de ellos. De esta forma es como se logra tener frutos en plena sazón, o sea en su punto en cuanto a calidad, que es cuando tienen buenas cualidades y son preferidos en el mercado (**Saray y Ramírez, 1977**).

El agrupamiento del corte depende de la importancia que les de a éstos al agricultor, pero por lo general realiza el primer corte cuando en la planta se tienen de uno a dos frutos maduros, con lo cual aceleran la maduración del resto; obviamente que la producción obtenida de este primer corte es menor que la que se obtiene en los cortes subsecuentes, pero si en este primer corte el precio es alto, entonces se considera redituable. Después del primer corte el agricultor considera a su cultivo en plena producción, a excepción del último (llamado "pepena").

También encontró que la agrupación de los cortes, denominada precosecha, es de igual valor relativo que la cosecha (**Saray, 1982**).

Magaña (1994) menciona que el último corte es objeto de poca importancia y en ocasiones se le llama "pepena", debido a que en esta etapa las plantas producen pocos frutos comerciales, la mayoría de ellos de tamaño pequeño. Se estudió la correlación entre la producción de fruto y el desarrollo de la planta, y dedujo que el crecimiento vegetativo y la producción de frutos son dos funciones antagónicas de la planta, de tal manera que un excesivo desarrollo de la planta va en detrimento de la iniciación de la floración o de un mal funcionamiento de los órganos de reproducción.

Saray y Ramírez (1977), estudiaron el efecto entre corte de precosecha (calentamiento) sobre el rendimiento y precocidad de la variedad Rendidora, encontrando que dicha práctica no incrementa el rendimiento total comercial ni favorece la producción de frutos más grandes, aunque acelera la producción de frutos que quedan en la planta, tanto cuando se cosechan frutos inmaduros como maduros (al menos tres); así mismo, encontraron que cuando se da un solo corte al madurar todos los frutos, el rendimiento se reduce hasta en un 40%. Esta situación podría explicarse por el proceso natural de senescencia, íntimamente asociada con la producción de etileno.

5.14. Producción de etileno en la planta

El etileno es una hormona vegetal derivada de un aminoácido que es la metionina, muy asociada a la maduración de frutos. En senescencia todas las partes de todas las plantas de semilla producen etileno. Los tallos producen más que los internudos. Las raíces producen cantidades relativamente bajas y en las hojas aumentan lentamente

hasta que estas senescen, y se desprenden. Las flores también sintetizan etileno especialmente antes de marchitarse, y en la mayoría de las especies causa senescencia y abscisión (**Salisbury y Ross, 1994**).

En frutos se produce poco etileno hasta justo antes del climaterio respiratorio que marca el inicio de la maduración, cuando el contenido de este gas en los espacios intercelulares de aire aumenta en forma notable, desde cantidades casi no detectables hasta aproximadamente 0.1 a 1 ml por L. Estas concentraciones estimulan en general la maduración de los frutos carnosos y no carnosos que presentan aumento climatérico en la respiración, si están suficientemente desarrollados para ser susceptibles al gas. Muchos de los daños mecánicos y de stress como son: frotamiento suave de un tallo u hoja, mayor presión, microorganismos patógenos, virus, insectos, saturación de agua y sequía, incrementan la producción de etileno (**Salisbury y Ross, 1994**).

Al respecto **Cantwell (1997)** en un estudio sobre los cambios en el desarrollo y fisiología postcosecha en la variedad Rendidora, encontraron que las tasas de producción de etileno son bajas en los frutos en madurez comercial, incrementándose cuando éstos llegan a madurez fisiológica, sobre todo en la última etapa de desarrollo de la planta; reportan también que durante el almacenamiento de frutos a madurez comercial las tasas de producción de etileno se incrementan, por lo que los frutos de esta variedad son no climatéricos.

5.15. Fenología

El estudio de la fenología permite analizar y comprender las respuestas de los seres vivos a las condiciones ambientales, a lo largo de su ciclo de vida, de tal forma que conociendo las etapas críticas en su desarrollo se podrá implementar el uso óptimo de insumo y el

aprovechamiento de los factores genéticos y ambientales. Se describe fenología como: el estudio de los fenómenos biológicos, arreglados a cierto ritmo periódico y a su relación con el clima del lugar donde ocurren y sobre todo, con el microclima **(Cartujano, 1984)**.

Cartujano et al. (1984), en un estudio sobre el desarrollo y fenología del tomate de cáscara var. Rendidora, dividen el crecimiento en cuatro fases en base a la curva de crecimiento de área foliar. 1ª.) de incrementos crecientes, de la siembra a la sexta semana de emergida. 2ª) de incrementos máximos, tipo rectilíneo de la sexta semana a 9ª semana de emergido el cultivo. 3ª) de incrementos decrecientes, de la 9ª a 11ª semana. Y 4ª) de decrementos en área foliar, de la 11ª semana a final de ciclo de vida del cultivo.

La planta es el resultado de la relación más simple entre su constitución genética y el medio ambiente, por lo que, cualquier modificación de factores del medio, dará una modificación en la respuesta de la planta. Algunos factores del medio son más susceptibles a modificación, (tales como: humedad, fertilidad del suelo, plagas y enfermedades) por medio de labores culturales (riego, fertilización, uso de pesticidas); otros como la temperatura, humedad del aire y fotoperiodo lo son en menor grado, por lo que se establecen fechas de siembra adecuadas para un mejor desarrollo del cultivo., considera que para el desarrollo de una especie vegetal (para completar su ciclo), en una localidad dada, ésta necesita dos condiciones: a) La existencia de un intervalo suficientemente grande para que la planta pueda completar su desarrollo, desde su germinación hasta su plena madurez de fruto o semilla. B) Que durante dicho intervalo las condiciones atmosféricas adversas no lleguen a una intensidad tal que puedan disminuir el rendimiento más allá de los límites convenientes **(Mulato, 1984)**.

5.16. Desempeño agronómico de variedades de tomate de cáscara en invernadero y campo abierto

Se estudió la respuesta productiva de 40 variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) en cuatro sistemas de producción (riego rodado, riego por goteo con y sin acolchado plástico e hidroponía bajo invernadero), con el objetivo de determinar las mejores variedades para cada sistema y comparar la producción entre sistemas. La investigación se llevó a cabo en Chapingo, Estado de México, durante el ciclo primavera-verano 5003, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. El mejor sistema de producción fue a campo abierto con riego por goteo y acolchado plástico, tanto en rendimiento (948 g/planta) como en tamaño de fruto (31 g/fruto), aunque en este último rasgo no superó al sistema de hidroponía. En promedio de los cuatro sistemas de producción, las variedades de mayor rendimiento fueron Población 3 (1105 g/planta), Población 5 (1055 g/planta), CHF1-Chapingo (989 g/planta) y Manzano SM5R (975 g/planta), con frutos de tamaño mediano. Las variedades de mayor tamaño de fruto fueron Puebla SM5 (47 g/fruto), Puebla SM1 (46 g/fruto), San Mateo (45 g/fruto) y Mahune (45 g/fruto), pero presentaron bajo rendimiento. Las variedades de mayor rendimiento son de la raza Rendidora, y las de mayor tamaño de fruto de la raza Puebla. La variedad Diamante resultó de fruto grande (41 g/fruto) y rendimiento superior a la media (787 g/planta). Para cada sistema de producción, las variedades de mayor rendimiento fueron Población 3, Población 5, Población 3 y 154 USA 03, respectivamente; en tanto que las de mayor tamaño de fruto fueron Puebla SM1, San Mateo, Puebla SM5 y Mahune, respectivamente **(Peña-Lomeli et al., 2014)**

5.17. Diversidad y estructura genética del tomate de cáscara (*Physalis philadelphica* Lam.) en el Oeste de México

Physalis es un género de plantas estadounidense que incluye especies de importancia económica para sus frutos comestibles. El consumo de esta fruta es una tradición histórica en México. *Physalis philadelphica* es una de las especies más abundantes, que puede crecer en condiciones silvestres, de malezas o cultivadas. Presenta alta variabilidad morfológica en términos de rasgos vegetativos y reproductivos; sin embargo, no se ha realizado ningún estudio sobre su diversidad genética o el impacto de la actividad humana en su diversidad y patrones de diferenciación. Determinamos los parámetros genéticos en nueve poblaciones que representan un gradiente de manejo, que incluyen tres poblaciones silvestres, tres malezas y tres cultivadas, utilizando 88 marcadores de repetición de secuencias inter-simples. La diversidad del conjunto genético total fue alta ($H_t = 0.595$, $H_T B = 0.319$) y no disminuyó con el grado de intensidad del manejo. El sistema reproductivo, la forma de vida y la amplia distribución determinaron la variación genética del taxón. ANOVA reveló una alta variación dentro del conjunto genético total (44.3%) y entre las poblaciones (46.7%). Esto estuvo influenciado por el comportamiento de los polinizadores, la forma de dispersión, la discontinuidad geográfica de las poblaciones estudiadas y la selección humana. La variación entre las categorías de manejo de la población fue menor (9%), lo que indica que esta variable tiene poco efecto, probablemente debido al amplio conjunto de genes del taxón. Sin embargo, el análisis de la distancia genética y la asignación bayesiana distinguieron dos grupos: cultivados y silvestres, con poblaciones de malezas intercaladas. Este resultado sugiere que la selección de los atributos agrícolas y morfológicos de *P. philadelphica* contribuye a esta diferenciación. Los estudios futuros podrían abordar la dinámica evolutiva

del complejo domesticado de malezas silvestres (**Zamora-Tavares et al., 2015**)

5.18. Aislamiento y caracterización de principios bioactivos de las hojas y tallos de *Physalis philadelphica*.

Se investigó un extracto soluble en acetato de etilo de las hojas y tallos de *Physalis philadelphica*, que condujo al aislamiento de tres nuevos ananólidos, filadelficalactonas A (1) y B (5) e ixocarpalactone B (3), cuatro conocidos con anolidas, ixocarpalactone. A (4), withaphysacarpin (5), 18-hydroxywithanolide D (6), y withanone (7), una nueva ceramida, (5S, 3S, 4R, 9E) -1,3,4-trihidroxi-5 - [(5'R) -5'-hydroxytetracosanoilamino] -9-octadecene (8), dos ceramidas conocidas, (5S, 3S, 4R) -5 - [(5'R) -5'-hydroxytetracosanoilamino] -1,3,4 -octadecanetriol (9), y (5S, 3S, 4R) -5-tetracosanoilamino-1,3,4-octadecanetriol (10), así como la conocida clorofilida a (11). Las estructuras de los nuevos compuestos se explicaron en base a métodos espectroscópicos y químicos. Se utilizó el análisis de difracción de rayos X de un solo cristal para confirmar la estereoquímica relativa de los compuestos 1 y 4. La estereoquímica absoluta de los compuestos 1 a 4 y 8 se estableció mediante la metodología del éster de Mosher y la transformación química. Todos los aislamientos fueron evaluados por sus potenciales propiedades quimiopreventivas del cáncer utilizando ensayos in vitro para determinar la inducción de la quinona reductasa y la inhibición de la transformación de células JB6 epidérmicas murinas (**Bao-Ning et al., 2005**)

5.19. Filadelficalactonas C y D y otros compuestos citotóxicos de *Physalis philadelphica*

Tres nuevos withanólidos y una nueva ceramida se han aislado y se han caracterizado estructuralmente. Todos los aislamientos fueron

evaluados por sus potenciales propiedades quimiopreventivas del cáncer utilizando ensayos in vitro para determinar la inducción de la quinona reductasa y la inhibición de la transformación de células JB6 epidérmicas murinas **(Maldonado et al., 2011)**.

5.20. Inducción de la reductasa de quinona por ananólidos aislados de *Physalis philadelphica* (Tomatillos)

Los frutos de *Physalis philadelphica*, conocidos comúnmente como tomatillos, son un ingrediente del condimento "salsa verde". Como parte de un proyecto en curso para descubrir agentes quimiopreventivos para el cáncer de productos naturales, se encontró que un extracto soluble en acetato de etilo de las frutas frescas disponibles comercialmente de *P. philadelphica* induce la actividad de la quinona reductasa en células de hepatoma murino Hepa 1c1c7 cultivadas. El fraccionamiento dirigido por bioensayo de un extracto de EtOAc de las frutas, ayudado por LC / MS, condujo al aislamiento de una serie de anólidos estructuralmente relacionados. Se aislaron una sustancia nueva, 5,3-dihidro-3-metoxi con zafisacarpin (1), y dos compuestos conocidos, con zafisacarpina (5) y 54,55-dihidrowitanolida D (3), con la estructura de 1 caracterizada espectroscópicamente. Los tres withanólidos indujeron significativamente la actividad de la quinona reductasa en las células de hepatoma murino Hepa 1c1c7, TAPclBPrcl y BPrcl, lo que sugiere que estos compuestos son inductores monofuncionales, que elevan específicamente las enzimas de fase II responsables de la desintoxicación, mientras que no influyen en las enzimas de fase I que pueden activar carcinógenos **(Kennelly, 1977)**

5.21. Propiedades de biosorción de cáscara de tomate verde (*Physalis philadelphica* Lam) para hierro, manganeso y hierro-manganeso de sistemas acuosos

Se investigaron las propiedades de biosorción de la cáscara de tomate verde para eliminar el hierro y el manganeso de sistemas acuosos simples y binarios. Esta biomasa sin vida fue caracterizada y modificada con formaldehído. Los resultados cinéticos de adsorción de hierro, manganeso o hierro-manganeso se ajustaron mejor a los pseudo cinéticos de segundo orden y los modelos de isoterma de Freundlich o Langmuir-Freundlich según los sistemas acuosos de hierro, manganeso o hierro-manganeso. Los modelos modificados de isoterma multicomponente de Langmuir y Freundlich también se utilizaron para describir la absorción simultánea de hierro y manganeso de soluciones acuosas binarias. El hierro y el manganeso se eliminaron de manera eficiente mediante la cáscara de tomate verde modificada con formaldehído en sistemas individuales; el hierro y el manganeso no compitieron por los sitios activos de sorción de la biomasa sin vida y la eliminación de ambos metales de los sistemas binarios no disminuyó. Los mecanismos de sorción propuestos para Mn^{2+} fueron el intercambio iónico y la complejación, mientras que los mecanismos de sorción propuestos para el Fe^{3+} fueron la precipitación y el intercambio iónico (García-Mendieta, 2015)

5.22. Nuevos ésteres de sacarosa antiinflamatorios en el revestimiento pegajoso natural del tomatillo (*Physalis philadelphica*), una importante fruta culinaria.

El tomatillo es una fruta culinaria popular. El material pegajoso en su superficie, consumido como parte de la fruta, nunca ha sido investigado. La caracterización química del material pegajoso en los frutos de tomatillo produjo cinco nuevos ésteres de sacarosa, según lo

confirmado por métodos espectroscópicos. El extracto solvente del material pegajoso de la fruta fresca entera y los aislamientos puros mostraron actividad antiinflamatoria según lo confirmado por los ensayos inhibidores de las enzimas ciclooxigenasa in vitro. Cinco ésteres de sacarosa aislados a 100 µg / ml (153.8, 138.8, 136.5, 141.6 y 138.8 µM, respectivamente) inhibieron las enzimas ciclooxigenasa-1 y -5 en un 50%. La actividad inhibitoria de la enzima ciclooxigenasa de extractos y aislados a 100 µg / ml fue similar a los antiinflamatorios no esteroideos aspirina, ibuprofeno y naproxeno, utilizados como controles positivos en el ensayo a 108, 15 y 15 µg / ml (600, 60 y 60). µM), respectivamente **(Chuan-Rui, 2016)**.

5.23 Ácidos grasos y calidad fisiológica de la semilla de tomatillo (*Physalis philadelphica* Lam.) durante el envejecimiento natural

En México, 44 mil hectáreas están sembradas con tomate tomatillo o cáscara (*Physalis philadelphica* Lam.), ocupando el cuarto lugar entre las especies vegetales del país. Sin embargo, la investigación sobre esta especie es escasa, especialmente la relacionada con el proceso de deterioro de las semillas. Estudiamos los efectos del deterioro en la semilla de tomatillo, var. CHF1-Chapingo, almacenado desde 5 meses hasta 7 años sin control climático, 18.5 ± 5 ° C y $41 \pm 10\%$ de humedad relativa, en variables fisiológicas y bioquímicas durante la germinación. Se encontró que la germinación, el vigor y la actividad respiratoria disminuyen significativamente a partir del primer año de almacenamiento; por lo tanto, después de 7 años, la germinación y el vigor disminuyeron 99% y la actividad respiratoria de las semillas después de 48 h disminuyó 78%. El contenido de ácido linoleico (insaturado) se correlacionó positivamente con la germinación ($R = 0.78$ **) y con la velocidad de emergencia de la radícula ($R = 0.79$ **). La germinación se correlacionó con la velocidad de emergencia de la

radícula ($R = 0,99^{**}$) y con la actividad respiratoria después de 48 h de imbibición ($R = 0,79^{**}$). Tanto la actividad respiratoria como el contenido de ácidos grasos están involucrados en el deterioro natural de la semilla de tomatillo (**Pichardo-González et al., 2014**).

5.24. Transcripciones para la variación natural del tamaño del órgano floral en *Physalis philadelphica* Lam.

La variación fenotípica natural, un resultado de la variación genética, se desarrolló durante la evolución en respuesta a las condiciones ambientales. *Physalis philadelphica*, conocida como tomatillo en las solanáceas, es rica en diversidad de tamaño de órganos florales y postflorales. Sin embargo, su variación genética es desconocida. Aquí *P. philadelphica* se clasificó en tres grupos con grandes, tamaño intermedio y pequeño del órgano reproductor, y se observó una correlación positiva entre el órgano floral y tamaños de baya. Mediante análisis de polimorfismo de longitud de fragmento amplificado de ADNc (AFLP), 563 expresados diferencialmente. Los fragmentos derivados de la transcripción (TDF) se aislaron de dos accesiones con diferentes tamaños de órganos florales. Los genes codifican diversos factores de transcripción, proteínas quinasas y enzimas, y muestran múltiples patrones de expresión durante el desarrollo floral, lo que indica una complejidad en la base genética de la variación fenotípica. Los análisis revelaron que se expresaron diferencialmente durante el desarrollo floral y post-floral, lo que implica tener roles en el desarrollo de flores y frutos. La expresión de tres genes fue monitoreada en 56 accesiones y en particular la variación de la expresión de Pp30, que codifica un factor de transcripción similar a AP5, se correlaciona bien con las variaciones fenotípicas observadas, que apoyan fuertemente un papel esencial para el gen en la variación natural de tamaño de órgano floral y postfloral en *Physalis*. Los resultados sugieren que la alteración en el patrón de

expresión de unos pocos genes reguladores clave en el proceso de desarrollo puede ser una fuente importante de variaciones genéticas que conducen a variación natural en los rasgos morfológicos (**Wang et al., 2015**).

5.25. Efecto de los procesos de cocción en el contenido de dos bioactivos carotenoides en *Solanum lycopersicum* L., *Physalis ixocarpa* Brot.y *Physalis philadelphica* Lam.

Se calculó los tiempos de retención cromatográfica HPLC en diferentes carotenoides con separación cromatográfica de β -caroteno y luteína, en cuatro tomates y dos variedades de tomatillo en forma fresca y después de tres cocciones diferentes procedimientos: cocción en olla, cocción en olla a presión y microondas. Una buena separación se logró experimentalmente utilizando una columna de Ultrasphere ODS y elución en gradiente con una fase móvil de acetonitrilo-tetrahidrofurano-agua. Se demostró que en diversos tomates las especies contenían diferentes cantidades de β -caroteno (6-400 μg / 100 mg) y luteína (5-30). μg / 100 mg). La concentración en muestras frescas fue mayor que en los tomates cocidos. El contenido de β -caroteno en tomatillo fresco varió entre 5 y 50 μg / 100 mg. en horno de microondas provocó la destrucción parcial del β -caroteno y la luteína en tomatillos (**Elizalde-González y Hernández-Ogarcía, 2007**).

5.26. Caracterización molecular y criopreservación del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.)

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) es una hortaliza en la dieta y economía mexicana. Su caracterización morfológica se basa en la guía publicada por la UPOV-SNICS, pero no se cuenta con caracterizaciones moleculares. Con la finalidad de obtener los perfiles moleculares de las doce variedades de referencia contempladas

en dicha guía, se utilizaron 55 iniciadores ISSR para determinar su utilidad en la discriminación de genotipos. Los 55 iniciadores amplificaron 508 bandas con 83 % de polimorfismo y un promedio de ocho bandas por iniciador. El principal medio de multiplicación y conservación de germoplasma de tomate de cáscara es la semilla. En este contexto, el cultivo de tejidos ha surgido como una alternativa potencial para conservar germoplasma, y en conjunto con la criopreservación es una importante herramienta para la conservación a largo plazo. Con el objetivo de diseñar un protocolo exitoso de criopreservación para la especie, se probó la aclimatación en frío (4 °C) de yemas por cinco y siete días con medios ricos en melatonina, glutatión y ácido ascórbico para determinar los efectos en la recuperación de los explantes después de la criopreservación por sumersión en nitrógeno líquido. La máxima regeneración (0.5667) después de la encapsulación-vitrificación con PVS5 ocurrió en las yemas con cinco días de aclimatación en frío y pretratadas en medios con melatonina (0.1 µM), las cuales presentaron un desarrollo normal. El protocolo establecido provee un método de criopreservación para la conservación de germoplasma de tomate de cáscara (**Carstensen-Benavides, 2014**)

5.27. Cultivo de *Physalis philadelphica* Lam.en México

La especie de *Physalis* cultivada en México es *Physalis ixocarpa*, de la cual existen distintas variedades, como son la Rendidora, Salamanca, Tamazula, Rendidora Suprema, Súper Cerro Gordo, Verde Supremo, Yoreme, Querétaro, Orizaba y Carrizeño. Sin embargo pese a su conocido uso y variedades, existen controversias taxonómicas a la hora de clasificar a *Physalis ixocarpa* como especie. Tanto es así que, dependiendo del autor, se hace o no distinción entre *Physalis ixocarpa* y *Physalis philadelphica*. Según el ITIS (Integrated Taxonomic Information System), *Physalis ixocarpa* es un sinónimo de la variedad *immaculata* de

Physalis philadelphica; no obstante, esta variedad no aparece en otros registros, con lo que se dificulta la aclaración de estos detalles. Pese a todo, a la especie comercial se le denomina de manera prácticamente unánime *Physalis ixocarpa*. En los últimos 15 años (2000-2011), de acuerdo al SIAP (Sistema de Información Agrario y Pesquero, 2015), el área cultivada de *Physalis ixocarpa* en México varió desde un mínimo de 46888.68 Ha (año 2008) hasta un máximo de 64533.65 ha (año 2006), en 2011 se cultivaron 47830.85 ha. Esto convierte al tomate verde en la quinta hortaliza en importancia en función del área cultivada. La producción total máxima lograda en esos 15 años varió entre 805751.56 ton (año 2006) y 553868.87 ton (año 2005). En ese mismo periodo de tiempo, los rendimientos variaron entre 11.65 ton/Ha (año 2000) y 15.58 ton/Ha (año 2010); sin embargo estos datos están muy lejos del potencial que se estima tienen estos cultivos, que es de 40 ton/Ha (**Peña, 2001**) hasta 80 ton/Ha usando un paquete tecnológico de fertirriego (**Castro-Brindis et al., 2000; López-López et al., 2009**). En Durango, pese a la riqueza de especies silvestres del género *Physalis*, la máxima superficie sembrada correspondió al año 2015, cuya área fue de 35 ha, lo que convierte a Durango en el Estado con menor superficie cultivada dentro de los 30 estados que tienen plantaciones de *Physalis ixocarpa*. Sinaloa es el estado con mayor superficie sembrada, con 8594.65 Ha (año 2011); Zacatecas es el de mayor producción total, con 65555.65 ton (año 2011); y Nuevo León el que tiene el mejor rendimiento, con 31.56 ton/Ha (año 2011) (**SIAP, 2015**).

5.28. Variedades de *Physalis philadelphica*

Dentro de las acciones desarrolladas por el Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI), se encuentra la caracterización de variedades de uso común para su inscripción en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV), así

como el apoyo para el desarrollo de nuevas variedades. El SINAREFI es un mecanismo coordinado por el SNICS que busca sumar esfuerzos entre diferentes instancias, con el objetivo de asegurar la conservación y aprovechamiento sustentable de las plantas que nos proveen de alimento, vestido, energía y bienestar, y que se denominan Recursos Fitogenéticos. Se incluyen 50 variedades de una de las especies vegetales de gran valía para México como *Physalis philadelphica*: Variedad "CAÑÓN", Variedad "DIAMANTE", Variedad "KUALI", Variedad "KUII", Variedad "MANZANO TEPETLIXPA", Variedad "MILLI", Variedad "MILPERO TETELA", Variedad "NIKAN", Variedad "POTRERO", Variedad "POTRO", Variedad "PUEBLA SM3", Variedad "RENDIDORA", Variedad "SALAMANCA", Variedad "TAMAZULA SM3", Variedad "TECOZAUTLA 04", Variedad "TEPETL", Variedad "TLALI", Variedad "XOCOC", Variedad "YEMA DE HUEVO" y Variedad "YUKU" (**Sánchez y Peña Lomeli, 2010**).

5.29 Propagación in vitro de plantas de tomate (*Physalis ixocarpa* Brot.) con tolerancia a enfermedades de tipo viral

La micropropagación es una alternativa para la obtención masiva de plantas mejoradas genéticamente con características agronómicas de interés en bioingeniería. En condiciones de campo el cultivo de tomate (*Physalis ixocarpa* Brot.), se ve afectado por enfermedades de tipo viral, lo que ocasiona pérdidas en la producción hasta del 100 %. En este contexto, el Campo Experimental "Zacatepec"-INIFAP (CAZACA), obtuvo plantas de tomate con tolerancia a las enfermedades causadas por virus mediante selección masal en varios ciclos. En cotiledón se obtuvo el mayor porcentaje de inducción de brotes. La combinación 1.5/1.5 de BAP:AIA indujo las respuestas más altas. Se logró establecer la metodología para la propagación in vitro de plantas de tomate con tolerancia a enfermedades de tipo viral (**Ventura et al., 2013**)

5.30. Cultivo de anteras en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.)

La presente investigación se realizó con el fin de explorar la posibilidad de obtener plantas haploides, las cuales, después de ser duplicado su número cromosómico puedan ser utilizadas en el mejoramiento genético, para lo cual se estableció una metodología básica para el cultivo *in vitro* de anteras de tomate de cáscara. Se probaron tres medios de cultivo sólidos: Murashige y Skoog (1962) (MS), Chu (1981) (N6) y Nitsch y Nitsch (1969) (NN); 2 tipos de agar: (agar-agar de "Merck" y Gelgro de "ICN"); sacarosa a 1, 3, 6, 12 y 15%; así como diferentes concentraciones de auxinas: ácido indolacético (AIA), ácido 2,4- diclorofenoxiacético (2,4 D) y citocininas: benziladenina (BA), kinetina (Ki). La formación de plantas fue posible después de seis semanas en el medio N6 suplementado con vitaminas, myo-inositol 100 mg·litro⁻¹, sacarosa 3, Gelgro 0.4% y AIA 0.06 mg·litro⁻¹. La tasa de respuesta de las anteras fue del 7.6% y las plantas obtenidas fueron diploides (2n=24) y mixoploides (n=12, 2n=24, 3n=36 y 4n=48) (Ortuño-Olea et al., 1998).

5.31. Efecto del genotipo en la micropropagación de tomate de cáscara

Se investigó la capacidad de inducción y alargamiento *in vitro*, enraizamiento, aclimatación y estabilidad cromosómica de plantas en diez variedades de *Physalis ixocarpa* Brot. Se encontró efecto del genotipo en las cuatro etapas de la micropropagación; en inducción de brotes, la proporción de explantes con brotes varió de 0 a 70 %, el número de brotes por explante fue de 0 a 21.3 y las mejores variedades fueron 'Tamazula', 'CHF1-Chapingo' y 'Rendidora' original. Durante el alargamiento, los brotes presentaron alturas de 2.5 a 3.7 cm, 4 a 5 hojas 104 a 160 mg de peso fresco y 94.7 a 96.1 % de contenido de agua; las

variedades CHF1-Chapingo, Milpero y Arandas dieron la mejor respuesta. En enraizamiento, los brotes produjeron de 26.6 a 65.6 raíces con una longitud de 0.7 a 1.5 cm, donde 'Manzano' y 'Puebla' fueron las mejores variedades. El periodo crítico de aclimatación de las plantas fueron los primeros siete días después del trasplante, pero se logró una supervivencia de 100 %. Todas las plantas regeneradas *in vitro* fueron $2n=24$, lo que indica estabilidad cromosómica durante el cultivo *in vitro* **(Andrade-Rodríguez et al., 2005)**

5.32. Germinación y micropropagación de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*) tetraploide

La variedad tetraploide de *Physalis ixocarpa* presenta características adaptativas tanto a nivel morfológico como fisiológico. Una de las limitantes de la semilla es la baja viabilidad, germinación y emergencia de la plántula, así como la poca capacidad de propagación vegetativa, es por ello que el objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta en la germinación de semillas tetraploides de tomatillo con la aplicación de reguladores y ácidos orgánicos. Se realizó la aplicación de tratamientos de imbibición con reguladores y ácidos orgánicos a las semillas, los cuales fueron: ácido giberélico (AG), los ácidos orgánicos: benzoico (AB), salicílico (AS), sulfosalicílico (ASS), a concentraciones de 10^{-2} M, 10^{-4} M y 10^{-6} M. La emergencia inició en el cuarto día después de la siembra con un porcentaje de germinación para AG1, AG2 y AG3 de 73.33, 56.66, 63.33% y un IVG de 20.26, 10.44 y 11.59 respectivamente. Para la micropropagación se evaluó la combinación de los reguladores benciladenina (BAP), Kinetina y ácido naftalenácetico (ANA) a diferentes concentraciones. El mejor tratamiento fue con 3 mg L⁻¹ de BAP con 9.5 brotes por explante **(García-Osuna et al., 2015)**

5.33. Calidad de fruto de genotipos tetraploides de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.)

Este trabajo se realizó con el objetivo de estudiar el efecto del nivel de ploidía en la calidad de fruto de tomate de cáscara. Como material genético se utilizaron los tetraploides ANT2, ANT3, ANT4, como testigo se utilizó el diploide Rendidora. Los datos se analizaron bajo un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas. En campo se distribuyeron los tratamientos (genotipos) en cinco repeticiones con acolchado plástico y riego por goteo, durante los meses de julio a noviembre del 2008. Las variables evaluadas en fruto fueron: diámetro polar de fruto (DPF), diámetro ecuatorial de fruto (DEF), firmeza de fruto (FF), densidad de fruto (DF), peso de fruto (PF), vitamina C (VC), sólidos solubles totales (SST), acidez del fruto (pH) y grosor de mesocarpio (GM). En las variables DPF, DEF y PF se encontraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre tratamientos, destacando en estas variables el genotipo diploide. En las variables FF y DF no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos. Los tetraploides superaron estadísticamente al diploide en contenido de vitamina C, en las poblaciones tetraploides se observó una alta variabilidad genética, entre genotipos en las variables de calidad de fruto estudiadas, lo que muestra la posibilidad de iniciar un proceso de selección en éstas poblaciones (**Jiménez-Santana et al., 2012**)

5.34 Densidad y poda en tres variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) cultivado en invernadero

El tomate de cáscara es una hortaliza de fruto que actualmente no se cultiva en invernadero de forma intensiva debido a la falta de un paquete tecnológico adecuado. Sin embargo, experiencias previas en invernadero mostraron que bajo crecimiento libre la productividad es

baja, y se presenta un alto desarrollo vegetativo. Bajo el supuesto de que un manejo basado en podas y densidades de población puede incrementar el rendimiento, se estableció el presente experimento con el propósito de generar un sistema de producción para tomate de cáscara cultivado hidropónicamente bajo condiciones de invernadero. Se estudió el efecto tres variantes de poda (cuarto entrenudo, sexto entrenudo y sin poda) y tres densidades de población (5, 10 y 18 plantas·m⁻²) en tres variedades de tomate de cáscara (Población 3, Tamazula SM2 y Población Tecámac) en condiciones de invernadero con sistema hidropónico, con el fin de obtener información referente al manejo del cultivo en un ambiente protegido. El experimento se estableció durante el ciclo Verano-Otoño de 2004 en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, México, con diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones bajo un arreglo de parcelas subdivididas. El mayor rendimiento por planta y tamaño de fruto se obtuvo en la Población Tecámac. La poda no modificó la productividad del cultivo, pero conforme aumentó la densidad de población el rendimiento se incrementó, de tal forma que con 18 plantas·m⁻² se obtuvo el mayor rendimiento (1.06 kg·m⁻²) (**Ponce et al., 2012**).

5.35. Manejo hidropónico del tomate de cáscara en invernadero

El tomate de cáscara es una hortaliza de fruto que no se cultiva en invernadero de forma intensiva debido a la falta de un paquete tecnológico adecuado (**Ponce et al., 2012**). No existen informes acerca de su comportamiento en diferentes sistemas de producción convencional o en sistema con cultivo protegido. No obstante experiencias previas en invernadero mostraron que bajo crecimiento libre, la productividad es baja y presenta un alto desarrollo vegetativo (**Ponce et al., 2012**). Se ha desarrollado investigación en tomate de

cáscara en relación a su cultivo en hidroponía bajo invernadero (**Castro et al., 2000**).

5.36. Los sustratos empleados en hidroponía

Abad et al. (2004) mencionan que sustrato es todo material sólido distinto del suelo *in situ*, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta y que este puede intervenir o no en la nutrición vegetal. Es el material que permite un óptimo desarrollo de las plantas, al darle a la raíz la suficiente aireación, disponibilidad de agua y sanidad (es biológicamente estéril en un inicio y el mantener esta característica depende del manejo del cultivar que en él se desarrolle), así como facilitar la acción y efecto de la solución nutritiva, ya que el sustrato es químicamente inerte (**SAGARPA, 2010**).

Existe una gran cantidad de sustratos que se pueden utilizar en hidroponía, como arena, grava, tezontle, ladrillo quebrado y/o molido, agrolita, vermiculita, turba vegetal (Peat Moss), aserrín, resinas sintéticas (poliuretano) y cascarilla de arroz, entre otros. Estos materiales se pueden utilizar en forma individual o en mezclas de dos o más de ellos de acuerdo a su compatibilidad y disponibilidad (**SAGARPA, 2010**).

Contenedores

En todo sistema hidropónico de producción es necesario el uso de recipientes y/o contenedores para el sustrato en donde se van a desarrollar los cultivos, estos pueden ser: cubetas, ollas, macetas, bolsas de polietileno, huacales, láminas acanaladas. Estos recipientes tienen distintos tamaños y formas y los materiales que se pueden utilizar son el

concreto, asbesto, madera, lámina galvanizada, ladrillo, polietileno, cartón asfaltado, fibra de vidrio **(SAGARPA, 2010)**.

Soluciones nutritivas

Una solución nutritiva (SN) consta de agua con oxígeno y de todos los nutrimentos esenciales en forma iónica y, eventualmente, de algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de hierro y de algún otro micronutriente que puede estar presente. Una SN verdadera es aquella que contiene las especies químicas indicadas en la solución, por lo que deben de coincidir con las que se determinen mediante el análisis químico correspondiente. La pérdida por precipitación de una o varias formas iónicas de los nutrimentos puede ocasionar su deficiencia en la planta. Además, de este problema se genera un desbalance en la relación mutua de los iones **(Steiner, 1961)**.

Macroelementos

Dentro del grupo de los macronutrientes, necesarios para el crecimiento de las plantas en grandes cantidades, los nutrientes primarios son, nitrógeno, fósforo, potasio, los nutrientes secundarios o microelementos son magnesio, azufre y calcio **(FAO, 2002)**.

Microelementos

Los micronutrientes son requeridos sólo en cantidades ínfimas para el crecimiento correcto de las plantas y tienen que ser agregados en cantidades muy pequeñas cuando no pueden ser provistos por el suelo. Los microelementos son el hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), el cobre (Cu), el molibdeno (Mo), el cloro (Cl) y el boro (B). Ellos son parte de sustancias claves en el crecimiento de la planta, son absorbidos en cantidades minúsculas, su rango de provisión óptima es muy pequeño **(FAO, 2002)**.

Deficiencias y toxicidades nutricionales

La nutrición vegetal pretende establecer con que capacidad actúan cada uno de los elementos esenciales para la planta; también en qué cantidad son necesarios como asegurar que las plantas reciban estos elementos en la proporción y cantidad adecuada diagnosticar y evitar problemas nutrimentales **(Castro, 1998)**. Una deficiencia nutrimental ocurre cuando un nutrimento es insuficiente o no puede ser asimilado por la planta. De manera similar, una toxicidad nutrimental ocurre cuando existen condiciones de exceso, desbalance o condiciones ambientales desfavorables **(Fageria et al., 1997)**. Desde el punto de vista nutrimental, las plantas cultivadas pueden manifestar deficiencia o exceso del nutrimento. Los síntomas visibles de la deficiencia de un nutrimento son más específicos que los de su toxicidad **(Gárate y Bonilla, 2001)**.

Soluciones nutritivas empleadas en solanáceas

Los nutrimentos que demandan las plantas en la relación mutua entre aniones y entre cationes, dependen de la etapa fenológica. Con base en lo reportado por **Resh (1991)**, **Valenzuela et al. (1993)** y **Geterrtsson (1995)**, el paso de una etapa fenológica a otra se caracteriza por cambios en la actividad bioquímica y en la reestructuración del metabolismo primario. Estas fluctuaciones influyen en toda la planta y en la composición química de sus órganos en cada etapa. A lo largo del desarrollo de la planta se presentan cambios en la composición química en algunos nutrimentos con relación a la materia seca producida principalmente en las hojas. Los niveles de N, P y K⁺ muestran una tendencia a disminuir durante el ciclo vegetativo, mientras que Ca²⁺ y Mg²⁺ tienden a incrementar. Con el fin de proveer información acerca de la actividad metabólica de las plantas a través de su ciclo de desarrollo **(Valenzuela et al., 1993)**.

pH

El pH de la SN se determina por la concentración de los ácidos y de las bases. El pH se define una vez que se establece la proporción relativa de los aniones y los cationes, y la concentración total de ellos en meq l⁻¹, lo cual significa que el pH es una propiedad inherente de la composición química de la SN y no puede cambiar independientemente **(De Rijck y Schrevens, 1998)**.

Conductividad eléctrica

La salinidad se calcula mediante la conductividad eléctrica (CE) de la solución **(Lannetta y Colonna, 2006)**, en este caso la salinidad es la medida de la concentración de sales disueltas en agua **(Abad y Carrion, 2004)** y se expresa en gramos (o mg l⁻¹) de iones disueltos por litro de agua. La conductividad eléctrica de la solución nutritiva es función directamente proporcional de la concentración de los solutos.

La conductividad eléctrica (CE) es la medida del potencial osmótico **(Bautista, 2010)**. Este potencial siempre posee valores negativos y está determinado por la concentración de solutos o sustancias osmóticamente activas y forma parte del potencial hídrico. El potencial hídrico total se define como la capacidad de moléculas de agua para removerse en un sistema particular **(Sánchez-Díaz y Aguirreola, 2008)**.

La conductividad eléctrica tiene una estrecha relación con la concentración total de sales de la solución nutritiva **(Lara, 1999)**. Es un estimador indirecto del potencial osmótico y determina el crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos **(Bugarín et al., 1998)**, parámetro que debe ser monitoreado a lo largo del ciclo de producción **(Carrasco e Izquierdo, 1996)**.

Calidad de Semilla

La calidad de la semilla es un concepto múltiple que involucra todas aquellas características que determinan su valor para la siembra **(Hampton, 2002)**. **Sánchez (2004)** define la calidad de semilla como conjunto de atributos que involucran cuatro factores: genético (genotipo); físico (aspecto general); fisiológico (germinación, vigor) y sanitario (carencia de enfermedades transmisibles).

Calidad física

Son las características físicas consideradas como factores de calidad tales como: contenido de humedad, peso por volumen y pureza de la semilla. Adicionalmente se puede considerar: color, tamaño de semilla y peso de mil semillas **(Hernández, 2003)**.

Calidad sanitaria

Se refiere a que las semillas estén libres de microorganismos, ya que presentan una amenaza para la producción de semilla de alta calidad. Los microorganismos más comunes en las semillas son, hongos, bacterias, virus, nematodos, los cuales pueden encontrarse como contaminantes en diversas formas; mezclados con las semillas pero no unidos a ellas como esclerocios y esporas de hongos, asociados superficialmente como los hongos de almacén y portados internamente en las semillas, los cuales pueden ser transmitidos a la plántula **(Hernández, 2003)**.

Calidad genética

Se refiere a la calidad obtenida por el fitomejorador mediante la introducción, cruzamiento y selección para identificar el material genético sobresaliente, por lo tanto, la calidad genética está determinada por el genotipo, la variedad o híbrido. La calidad genética de las semillas es la

más importante de las cuatro porque garantizan características deseables de las plántulas (**Hernández, 2003**).

Calidad fisiológica

Evans y Turnbull (2004) consideran que semillas con buena calidad, es aquella que tiene alto porcentaje de germinación y vigor; además tiene ventajas como la mejora de vida de almacenamiento, un mínimo desperdicio de semilla y plantaciones en viveros y semilleros. Para **Elevitch (2004)** la calidad fisiológica se refiere a características de la semilla como madurez, contenido de humedad y la habilidad para germinar.

5.37. Efecto de la concentración de potasio en la calidad fisiológica de semilla de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en invernadero

En el cultivo de tomate de cáscara la información sobre la producción y calidad de semilla en condiciones protegidas y el uso de sistemas hidropónicos es muy escasa. La calidad de la semilla involucra aquellos aspectos múltiples que determinan el potencial para originar una población de plantas homogéneas, el cultivo depende de gran medida de dicha calidad (física, genética, fisiológica y sanitaria). Es por ello que en el presente trabajo de investigación se estudió el efecto de la concentración de potasio de diferentes soluciones nutritivas en hidroponía evaluando la calidad fisiológica y física de la semilla de tomate de cáscara, para obtener un porcentaje superior al 85.0 % de germinación acorde a las normas establecidas para semilla comercial. Utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar y 3 repeticiones. Se conformaron cuatro tratamientos con diferente concentración de potasio en la aplicación de la solución nutritiva en el

TR1 (Testigo) con 300 ppm, TR2 250 ppm, TR3 con 350 ppm y TR4 500ppm. Los resultados obtenidos reflejan que el tratamiento TR2 presenta una mayor calidad fisiológica con un porcentaje de germinación del 94.5 % así como el TR1 con un porcentaje de germinación del 89.2 % **(Guerrero, 2013)**.

5.38 Producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) basado en láminas de riego y acolchado plástico

Entre los principales problemas que limitan el incremento de la producción y la productividad del cultivo de tomate de cáscara, están la disponibilidad y el alto costo del agua de riego, además del uso y manejo ineficiente de este recurso. Los sistemas actuales de producción de tomate de cáscara, tienen baja eficiencia productiva, entre otras causas, porque aplican altos volúmenes de agua por hectárea. En este contexto, se evaluó el efecto de diferentes láminas de riego y acolchado plástico en la producción del cultivo de tomate de cáscara en un sistema de fertirriego y optimizar el agua de riego para mejorar la productividad del cultivo. El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones con arreglo de tratamientos factorial 5 x 2, cinco niveles de lámina de riego: 40, 60, 80, 100 y 120 %, de la evapotranspiración de referencia (ET₀) calculada con el método de Penman-Monteith y dos niveles sin y con acolchado plástico. Los resultados indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos con acolchado plástico y láminas de riego tanto para el rendimiento de frutos como en la productividad del agua. El acolchado plástico incrementó en promedio 56 % el rendimiento de frutos y 57 % la eficiencia del agua de riego al reducir un 60 % la lámina de riego calculada por el método de Penman-Monteith **(López-López et al., 2009)**.

5.39. Desempeño agronómico de variedades de tomate de cáscara en invernadero y campo abierto

Se estudió la respuesta productiva de 40 variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) en cuatro sistemas de producción (riego rodado, riego por goteo con y sin acolchado plástico e hidroponía bajo invernadero), con el objetivo de determinar las mejores variedades para cada sistema y comparar la producción entre sistemas. La investigación se llevó a cabo en Chapingo, Estado de México, durante el ciclo primavera-verano 2003, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. El mejor sistema de producción fue a campo abierto con riego por goteo y acolchado plástico, tanto en rendimiento (948 g/planta) como en tamaño de fruto (31 g/fruto), aunque en este último rasgo no superó al sistema de hidroponía. En promedio de los cuatro sistemas de producción, las variedades de mayor rendimiento fueron Población 3 (1102 g/planta), Población 5 (1025 g/planta), CHF1-Chapingo (989 g/planta) y Manzano SM2R (972 g/planta), con frutos de tamaño mediano. Las variedades de mayor tamaño de fruto fueron Puebla SM2 (47 g/fruto), Puebla SM1 (46 g/fruto), San Mateo (45 g/fruto) y Mahune (45 g/fruto), pero presentaron bajo rendimiento. Las variedades de mayor rendimiento son de la raza Rendidora, y las de mayor tamaño de fruto de la raza Puebla. La variedad Diamante resultó de fruto grande (41 g/fruto) y rendimiento superior a la media (787 g/planta). Para cada sistema de producción, las variedades de mayor rendimiento fueron Población 3, Población 5, Población 3 y 124 USA 03, respectivamente; en tanto que las de mayor tamaño de fruto fueron Puebla SM1, San Mateo, Puebla SM2 y Mahune, respectivamente **(Peña-Lomelí et al., 2014)**.

5.40. Cultivo de especies silvestres del género *Physalis* y su relación con la sinantropía

Las especies sinantrópicas (maleza), han sido objeto de estudio donde se destacan sus atributos de adaptación a ambientes antropógena. El género *Physalis*, es un taxón ideal para estudiar la adaptación de estas especies silvestres a zonas de cultivo. El objetivo de la investigación fue medir la adaptación de ocho genotipos de *Physalis* en dos localidades, medida a través de un índice para identificar de acuerdo a sus características morfológicas y fisiológicas cuales son propicios para introducirlos como plantas cultivadas. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con arreglo factorial teniendo dos factores de estudio: genotipos y localidades. Los 16 tratamientos resultaron de las combinaciones de ocho especies de *Physalis* y dos localidades ubicadas en Morelos y el Estado de México. Los datos se analizaron con ANDEVA y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba DSH ($p < 0.05$). Para conocer la relación entre el índice de sinantropía y las variables morfológicas y fisiológicas se estimaron los coeficientes de correlación y para establecer una relación de causa – efecto se estimaron ecuaciones de regresión entre el índice y las variables área foliar y número de semillas. Los materiales silvestres de especies cultivadas en México como *Physalis philadelphica* y *P. angulata*, presentaron los mayores promedios en todas las variables bajo estudio. Se confirmó que *P. philadelphica* con índice sinantrópico mayor (1.5) tuvo crecimiento vigoroso y mayor producción de materia seca, frutos y semillas. Las variables área foliar y número de semillas presentaron correlación positiva y altamente significativa (**) con el índice de sinantropía. Los coeficientes de correlación en Texcoco y Tlalquiltenango respectivamente, fueron de 0.84 y 0.85 para área foliar y 0.85 y 0.83 para número de semillas. Las ecuaciones de regresión

estimadas entre el índice de sinantropía y las variables área foliar y número de semillas evidenciaron mayor adaptación de *Physalis* para ser introducidas como plantas cultivadas (**López-Sandoval et al., 2018**)

5.41. Tasa de asimilación neta y rendimiento de *Physalis* bajo cultivo en dos localidades

El rendimiento de un cultivo está determinado por su capacidad de acumular materia seca en los órganos destinados a la cosecha, por lo que el análisis de crecimiento resulta importante en las especies cultivadas. En el presente estudio se evaluó la tasa de asimilación neta, tasa de crecimiento relativo y rendimiento de fruto en ocho poblaciones silvestres de *Physalis* bajo cultivo en dos localidades contrastantes. El diseño experimental fue bloques completos al azar con arreglo factorial. Los 16 tratamientos resultaron de las combinaciones de dos localidades y ocho genotipos. Los datos se analizaron con análisis de varianza y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Para entender la relación entre el rendimiento de fruto y la tasa de asimilación neta y tasa de crecimiento relativo, estimadas desde el trasplante hasta la fructificación, se calculó una regresión lineal simple. Los resultados indican que el rendimiento del tomate de cáscara (*Physalis philadelphica* Lam.) fue mayor en Texcoco, Estado de México (722.1 g m⁻²) que en Tlaquiltenango, Morelos (370.9 g m⁻²) debido a una mayor área foliar por planta (128.9 dm²), tasa de asimilación neta (TAN) y tasa de crecimiento relativo (TCR), con promedios de 1.58 g dm² d⁻¹ y 0.09 g g⁻¹ d⁻¹, respectivamente. El rendimiento promedio de *P. philadelphica* fue de 1473.7 g m⁻², superior al de los demás genotipos evaluados debido a su mayor área foliar por planta (501.3 dm²), tasa de asimilación neta⁴ (1.72 g dm² d⁻¹) y tasa de crecimiento relativo⁴ (0.096 g g⁻¹ d⁻¹). Los materiales silvestres fueron más productivos, y *P.*

solanacea tiene potencial para ser plantada por su alto rendimiento (478.8 g m⁻²). Las ecuaciones de regresión $REND = 769.7 (TAN4) - 410.7$ ($R^2 = 0.51^*$) y $REND = 46427 (TCR4) - 3206.3$ ($R^2 = 0.83^{**}$), demuestran que la tasa de asimilación neta y la tasa de crecimiento relativo afectan positivamente el rendimiento de fruto (**López-Sandoval et al., 2018**).

VI. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

Es común usar como sinónimo *Physalis ixocarpa* Brot. en lugar del nombre correcto según las reglas de nomenclatura *Physalis philadelphica* Lam. para tomate de cascara.

La dinámica agrícola del cultivo del tomate de cáscara demanda la generación de cultivares mejorados que cubran las necesidades actuales del mercado nacional e internacional. Dentro de estas características destacan: rendimiento, hábito de crecimiento y distribución de la producción, así como color, forma y tamaño del fruto. Concentrar la producción en un periodo reducido debe ser uno de los objetivos del mejoramiento genético de la especie en regiones donde las bajas temperaturas son limitantes para su siembra, como el Altiplano Mexicano, ya que esto, junto con la precocidad, permitiría aprovechar en forma más rápida las oportunidades de mercado y reduciría los costos de recolección. De lograr un manejo agronómico en condiciones de invernadero e hidroponía, estas ventajas podrían potenciar la productividad a través de prolongar el ciclo de esta especie, como es el caso del jitomate y el chile.

Se han generado varios cultivares de tomate de cáscara para obtener mejores rendimientos, sin embargo recientemente la empresa Harris Moran esta proponiendo para el cultivo algunas variedades como Dali F1; que da una planta vigorosa, ciclo extendido de excelente producción, alto rendimiento, frutos con buena uniformidad y atractivo de fruto grandes y extragrandes con buen llenado. Además, se propone el cultivo de Tamayo RF1, que da frutos grandes de color verde intenso, excelente llenado de bolsa, planta compacta con hábito de crecimiento semi abierto con alto potencial de rendimiento.

VII. REFERENCIAS DE CONSULTA

- Abad, B. M, Noguera M. P., y Carrión B. C. 2004.** Los sustratos en los cultivos sin suelo. En: Urrestarazu-Gavilán. Cultivo sin suelo. Madrid: Mundi Prensa. 113-158 p.
- Aguilar-Meléndez, Araceli, Morrell, Peter L., Roose, Mikeal L., Kim, Seung-Chul. 2009.** Genetic diversity and structure in semiwild and domesticated chiles (*Capsicum annuum*; Solanaceae) from Mexico. *Am. J. Bot.* 96: 1190-1202.
- Anónimo. 1978.** Tomate. En: Enciclopedia de México. Enciclopedia de México. México, D. F. 15: 156M.
- Andrade-Rodríguez, M., López-Peralta, M. C., V. González-Hernández, A., García-Velázquez, A., Peña-Lomelí, A. 2005.** Efecto del genotipo en la micropropagación de tomate de cáscara. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11(1): 31-37.
- Álvarez, G. V, Jardon, B. O., Moyres, A. L., Ortega. Del V. D., Weiger, B. A. L. Piñeiro, D y Martínez, M. 2005.** Recopilación de información acerca de la evolución del género *Physalis* en México y del origen y diversidad de *Physalis philadelphica* Lam. (tomate verde). Cuarto Informe Parcial. 55p
- Axelius, B. 1996.** The phylogenetic relationships of the physaloid genera (Solanaceae) based on morphological data. *American Journal of Botany.* 83: 118-154
- Bryan G. J., McNicoll J., Ramsay G., Meyer R.C. & De Jong W. S. 1999.** Polymorphic simple sequence repeat markers in chloroplast genomes of Solanaceous plants. *Theoretical and applied genetics*, 99, 859-867.
- Bao-Ning, S., Misicoa, Jung, R. E., Bernard, P., D Santarsierob, A., Mesecarb, H., SFonga, J., Pezzutoa, A. D. 2005.** *Tetrahedron* (58) 17:3453-3466 [https://doi.org/10.1016/S0040-4050\(05\)00577-6](https://doi.org/10.1016/S0040-4050(05)00577-6)
- Bautista, C. M. 2010.** Potencial osmótico en la absorción nutrimental y calidad de fruto en chile manzano (*capsicum pubescens* R. y P.). Tesis de

Maestría en Ciencias. Colegio de posgraduados. Montecillo estado de México. 64 p.

Bugarín, M., R., Baca C. G., Martínez H. J., Tirado T. J., y Martínez G. A. 1998. Amonio/Nitrato y concentración iónica total de la solución nutritiva en crisantemo. I. Crecimiento y floración. *Terra* 16: 113-124.

Bukasov, S. M. 1963. Las plantas cultivadas de México, Guatemala y Colombia. Pub. Mise. Núm. 50. IICA, OEA. Lima, Perú. 561 p.

Caballero J., Casas A., Cortés L. & Mapes C. 1998. Patrones en el conocimiento, uso y manejo de plantas en pueblos indígenas de México. *Revista de Estudios Atacameños* 16: 181-196.

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., Vázquez M. C., Viveros J. L., Caballero J. 1996. Plant management among the Nahua and the Mixtec from the Balsas River Basin: and ethnobotanical approach to the study of plant domestication. *Human Ecology* 24, 455-478.

Casas A., Otero-Arnaiz A., Pérez-Negrón E & Valiente-Banuet A .2007. In situ Management and Domestication of Plants in Mesoamerica. *Annalis of Botany* 100, 1101-1115

Callen, E. O. 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. 561-589.

Cantwell, M. 1997. Physiological responses of fresh-cut produce. *Proc. Australasian Postharvest Horticulture Conf., Univ. Western Sydney Hawkesbury, NSW. Australia*, pp. 178-191. (16) (PDF) Postharvest handling systems: Fresh-cut fruits and vegetables. Available from: https://www.researchgate.net/publication/313180473_Postharvest_handling_systems_Fresh-cut_fruits_and_vegetables [accessed Mar 03 2019].

- Carrasco, G., y J. Izquierdo. 1996.** La empresa de hidropónica mediante escala: la técnica de la solución nutritiva recirculante NFT. Universidad de Talca. Chile. pp: 31-40.
- Carstensen-Benavides, K. 2014.** Caracterización molecular y criopreservación del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.). Tesis de Maestro en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. 105p.
- Cartujano E., F. 1984.** Desarrollo y fenología del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) var. Rendidora. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 79 p.
- Castro, B. R. 1998.** Índices nutrimentales de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) Tesis de Maestría. Colegio Postgraduados Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Castro-Brindis, R., P. Sánchez-García, A. Pena-Lomelia, G. Alcantar-González, G. Baca-Castillo, R. M. López-Romero. 2000.** Niveles críticos de suficiencia y toxicidad de N-NO₃ en el extracto celular de peciolo de tomate de cáscara. Revista Terra 18: 141-146.
- Castillo P., I.; A. Peña L.; R. A. Cruz G. 1992.** Densidad de Población, sistemas de manejo y arreglos topológicos en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Revista Chapingo, 15(73-74): 53-56.
- Cruces, C. R. 1987.** Lo que México aportó al mundo. Panorama. México, D. F. 155 p.
- Chuan-Rui, Z., Jehan, K. Muraleedharan, B. y Nair. G. 2016.** Food Chemistry (196)1: 756-735
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.007>
- 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.
- De Sahagún, B. 1956.** Historia general de las cosas de la Nueva España. Porrúa. México, D.F. Tomo 3. 367 p

- De Rijck, G. y E. Schdrevens. 1998** b. pH influence by the elemental composition of nutrient solution. *J. Plant Nutr.* 20 (7&8): 911-923.
- Del Amo R, S. 1979.** Plantas medicinales del estado de Veracruz. INIREB. Xalapa, Veracruz. México. 579p.
- Elizalde-González. M.P. y Socorro G. Hernández-Ogarcía, S. G. 2007.** Efecto de los procesos de cocción en el contenido de dos bioactivos carotenoides en *Solanum lycopersicum*, *Physalis ixocarpa* y *Physalis philadelphica*. *Molecules* (15): 1859-1835.
- Elevitch, R. C. 2004.** The overstory book. Cultivating connections with trees. Second edition. Permanent Agriculture Resources. Holualoa, Hawaii, USA, 526 p.
- Engels J. M. M., Ebert A. W., Thormann I y de Vicente M. C. 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.
- Evans, J. and W. J. Turnbull. 2004.** Plantation forestry in the tropics. Third edition. Oxford University Press. New York, United States. 467 p
- Fageria N., V. Baligar and C.H, Jones. 1997.** Growth and mineral nutrition of field crops. Ed. Marcel Decker. Inc. New Cork, USA. 476 p.
- FAO, 1995.** Cultivos marginados: otra perspectiva de 1495. La agricultura en Mesoamerica. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma. Consultado: Enero 5018. Disponible en: http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro09/Cap5_9.htm
- FAO, 2002.** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes Roma. Los fertilizantes y su uso. Cuarta edición, revisada, FAO e IFA. Roma, ISBN 92-5-304414-4.
- Fernandes, R. B. 1974.** Sur l'identification d'une espece de *Physalis* souspontanée au Portugal. *Bol. Soco Brot.* 44: 343-367.

- Fernández, B. L. y M. Yani. 1986.** Y la comida se hizo equilibrada 5. ISSSTE. México, D. F. 145 p.
- García-Mendieta, A.abM. T. O. y Solache-Ríos, M. 2015.** Desalination Volume 584 (4): 167-174 <https://doi.org/10.1016/j.desal.5011.08.055>
- Gárate, A. y Bonilla, I. 2001.** Nutrición mineral y producción vegetal, In: Azcon, J. y Talon, M. (coordinadores). Fundamentos de Fisiología Vegetal. Ed. McGraw-Hill e Interamericana de España, S. A. U. Madrid España pp: 113-130.
- Geterrtsson, U.E. 1995.** Nutrient uptake by tomatoes grown in hydroponics. Acta Hort. 401: 351-356.
- 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.
- Guerrero, S. J. 2013.** Efecto de la concentración de potasio en la calidad fisiológica de semilla de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en invernadero. Tesis de Licenciatura. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA. 41 p
- García-Osuna, H. T., Escobedo-Bocardo, L., Robledo-Torres, V., Benavides-Mendoza, A. y Ramírez Godina, F. 2015.** Rev. Mex. Cienc. Agríc. 12: 2301-2311.
- García S., F. 1985.** *Physalis* L. En: J. Rzedowski y G.C. de Rzedowski. (Eds). Flora fanerogámica del Valle de México. Vol. 11. Instituto de Ecología. México. pp. 324-328
- Gillespie J. H. 2004.** Population genetics; a concise guide. The Johns Hopknis University Press
- Hampton, J. G. 2002.** What is Seed Quality. Seed Sci. and Technol. 30: 1-10.
- Hernández, F. 1946.** Historia de las plantas de Nueva España. UNAM. México. 3: 699-1104.

- Hernández, L. A. 2003.** Apuntes del curso de Análisis de Semillas. (SEM-601) Programa de Semillas (PROSEM). IREGEP. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. (inédito).
- Hinton W.F. 1970.** The taxonomic status of *Physalis lanceolata* in the Carolina sandhills. *Brittonia* 55, 14-19.
- Hinton W.F. 1975.** Natural hybridization and extinction of a population of *Physalis virginiana* (Solanaceae). *American Journal of Botany* 65, 198-505.
- Hudson W. D. 1986.** Relationships of domesticated and wild *Physalis philadelphica*. En *Solanaceae: biology and systematics*. D'Arcy, W.G., ed. Nueva York. Columbia University Press.
- INIFAP, 2008.** Enfermedades del Tomate de Cáscara en Sinaloa. Centro de Investigación del Noroeste Campo Experimental Valle del Fuerte. Los Mochis, Sinaloa, México. Folleto Técnico No. 31
- Jiménez G., R., R. Domínguez R. & A. Peña L. 1992.** Plagas insectiles del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en Chapingo, México. *Revista Chapingo*. 16: 75-79
- Jiménez-Santana, E., Robledo-Torres, V., Benavides-Mendoza, A., Ramírez-Godina, F., Ramírez-Rodríguez, De la Cruz-Lázaro, H. E. 2012.** Calidad de fruto de genotipos tetraploides de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Universidad y Ciencia*. 28(2):153-161.
- Kennelly, E. J., Gerhäuser, C., Lynda L. Song, James G. Graham, Chris W. W. Beecher, John M. Pezzuto, y A. Douglas Kinghorn. 1997.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45 (10), 3771-3777 DOI: 10.1051/jf970546w
- Lannetta, M. y M. Colonna. 2006.** Salinisation. ENEA. Serie B. Folleto 3. Italia 18 p.
- López-López, R., R. Arteaga-Ramírez, M. A. Vázquez-Peña, I. L. López-Cruz, I. Sánchez-Cohen. 2009.** Producción de tomate de cáscara

(*Physalis ixocarpa* Brot.) basado en láminas de riego y acolchado plástico. Revista Chapingo Serie Horticultura 15: 83-89.

Lara, H., A. 1999. Manejo de solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Terra 17: 221-229.

López-Sandoval, J. A., Morales-Rosales, E. J., Vibrans, H., Uscanga-Mortera, E. Ofelia Vargas-Ponce, O. y Martínez-y-Díaz-De-Salas, M. 2018. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 21 (2018): 303-315.

López-Sandoval, J. A., Morales-Rosales, E. J. Vibrans, H., y Morales-Morales, E. J. 2018. Tasa de asimilación neta y rendimiento de *Physalis* bajo cultivo en dos localidades. Rev. Fitotec. Mex. 41(2):187 – 197.

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.

Martínez, M. 1995. Plantas útiles de la flora de México. Botas. México. 651 p.

Martínez C., L. y Villagomez J., V.A. 1995. Comportamiento de cinco variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*,Brot.) en el ejido de Tulantongo, Edo. de México. Tesis deLicenciatura. Fitotecnia, UACH. México. 66 p

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. 507-535

Maldonado, A. E., Pérez-Castorena, L.Garcés,C., Martínez, M. 2011. Steroids (76) 7:754-758 <https://doi.org/10.1016/j.steroids.5011.03.018>

Menzel, Y. M. 1951. The cytotaxonomy and genetics of *Physalis*. Proc. Amer. Phil. Soco 95 (5): 135-183.

- Montalvo H.D. 1996.** Nutrición y clorosis en tomate de cascara (*Physalis ixocarpa*, Brot), Var. Rendidora en la región de Zacatepec, Morelos. II Dinámica del desarrollo en base a los muestreos en pie e investigación del sistema radical. Tesis de licenciatura departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo., México. 109 pp
- Montes S. 1989.** Evaluación de los efectos de la domesticación sobre el tomate *Physalis philadelphica* Lam. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados, México, 1989.
- Morton, J. F. y O. S. Rusell. 1995.** The cape gooseberry and the mexican husk tomato. Proc. Fla. St. Hort. Soco 67:561-566.
- Montewka D, Berger I. J., Dressano K, De Martin V. F., Oliveira G. C. y Bock Ry Carrer H. 2008.** Phylogenetic relationships is Solanaceae and related species base don cpDNA sequence from plastid trnEtrnT region. Crop breeding and applied biotechnology 8; 85-95.
- Mulato B., J. 1984.** Desarrollo y fenología del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) variedad Rendidora en la región de Zacatepec, Morelos. II Dimámica del desarrollo en base a los muestreos en pie e investigación del sistema radical. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 116 p. (15) (PDF) Diagnóstico del Tomate de Cáscara. Available from: https://www.researchgate.net/publication/283492117_Diagnostico_del_Tomate_de_Cascara [accessed Mar 03 2019].
- Olmstead R.G., Bohs L., Migid H.A., Santiago-Valentín E., García V.F. & Collier S.M. 2005.** A molecular phylogeny of the Solanaceae. TAXON 57 (4), 1159-1181.
- Olmstead, R. G, Bohs L, Migid H. A, Santiago-Valentin E, Garcia V. F. y Collier S. M. 2008.** A molecular phylogeny of the Solanaceae. *Taxon* 57: 1159-1181. L.
- Ortuño-Olea, L., Manzo-González, A., Peña-Lomelí, A. 1998.** Revista Chapingo Serie Horticultura 4(1):39-43

- Paape T, Igic N, Smith S. D., Olmstead, R. Bohs L. y John J. R. 2008.** A 15Myr Bottleneck. *Molecular Biology and Evolution*. 55 (4):655–663.
- Peña L., A., Molina G., J. D., Cervantes S., T., Márquez S., F.; Saghún C., J.; Ortiz C., J. 1998.** Heterosis intervarietal en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 4 (1): 31-37.
- Peña L., A. y Márquez S., F. 1990.** Mejoramiento genético de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15 (71-75): 84-88.
- Peña L., A., Magaña L., N.; Montes H., S., Sánchez M., J., Santiaguillo H., J. F., Grimaldo J., O. y Contreras R., A. 2011.** Manual Gráfico para la Descripción Varietal de Tomate de Cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.). UACH-SNICS. México. 87 p.
- Peña-Lomelí, A., Juan J. Ponce-Valerio, J. P., Sánchez-del-Castillo, F. y Magaña-Lira, N. 2014.** Desempeño agronómico de variedades de tomate de cáscara en invernadero y campo abierto. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 37 (4): 381 – 391.
- Pérez G., M.; F. Márquez S.; 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(5): 925-940.
- Pichardo-González, J. M., Óscar J. Ayala-Garay, O. J., Víctor A. González-Hernández, V. A. y César M. Flores-Ortiz, C. M. 2014.** Ácidos grasos y calidad fisiológica de la semilla de tomatillo (*Physalis philadelphica* Lam.) Durante el envejecimiento natural. *Chilean Journal of Agricultural Research* 74(4) 391-396.
- Ponce Valerio, J. J. Peña-Lomeli, A., Juan Enrique Rodríguez-Pérez, J. E. Rafael Mora-Aguilar, R., Castro-Brindis, R., Natanael Magaña-Lira, N. 2012.** Densidad y poda en tres variedades de tomate de cáscara

(*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) cultivado en invernadero. Revista Chapingo Serie Horticultura 18(3): 325-332.

Resh, H. M. 1991. Hydroponic food production. 4th edition. Woodbridge Press Publishing Company. Santa Barbara, Ca, USA.

Salisbury F.B., C.W. Ross. 1994. Plant Physiology. Grupo Editorial Iberoamérica.México.

Sánchez, H. 2004. Manual tecnológico del maíz amarillo duro y de buenas prácticas agrícolas para el valle de Huaura. Instituto Interamericano de cooperación para la Agricultura (IICA). Lima, Perú. 139 p.

Sánchez, D, M. y Aguirreolea, J. 2008. El agua en la planta. Movimiento del agua en el sistema de suelo - Planta – atmosfera. In: J. Azcon-Bieto y M. Talon (eds) Fundamentos de Fisiología Vegetal. Madrid, España pp: 25-39.

Sánchez, Martínez, J. y Peña Lomeli, A. 2010. Variedades de uso común; un breve mirar a la riqueza mexicana. SAGARPA. México, D.F. 45 p.

Santiaguillo H., J. F.; Peña L., A.; Montalvo H., D. 1998. Evaluación de variedades de tomate de cáscara en Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. Revista Chapingo Serie Horticultura 4 (5): 83-88.

Santiaguillo H., J. F., Cedillo P., E. y Cuevas S., J. A. 2010. Distribución geográfica del *Physalis* spp. En México. UACH-Prometeo Editores. México. 545 p.

SAGARPA, 2010. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Hidroponía Rustica.

SARH-DGEA. 1998. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. SARH, México.

SERVICIO NACIONAL DE INSPECCIÓN Y CERTIFICACIÓN DE SEMILLAS (SNICS). 2015. Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV). Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México, D.F. Consultado: Noviembre 5017. Disponible en: http://snics.sagarpa.gob.mx/Documents/CNVV_5015.pdf

- Saray M., C. y Ramírez L., J. 1977.** El cultivo de tomate de cáscara en el Estado de Morelos. SAGARPA. México. pp. 3-11.
- Saray, 1982.** Importancia de la precosecha (calentamiento) en el rendimiento de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 101 p.
- SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (SIAP). 2015.** Anuarios estadísticos de la producción agrícola. México, D. F. Consultado: Diciembre 2017. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera).** www.siap.gob.mx Consultado el 11/2013.
- Soldevilla C., S., A. Peña L., F. Solis M., T. R. Vázquez R. y M. T. Colinas L. 2002.** Aplicación al suelo de CO₂, uso de acolchados plásticos y sistemas de manejo en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Revista Chapingo Serie Horticultura. 8(1):25-38.
- Somolinos, G. 1971.** El Dr. Francisco Hernández y la primera exploración científica de América. Ediciones SEP-Setentas. México.
- Steiner, A.A. 1961.** A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. Plant Soil. 15: 134-154.
- Städler T., Arunyawat U. & Stephan W. 2008.** Population genetics of speciation in two closely related wild tomatoes (*Solanum* Section *Lyscopesicon*). Genetics 178, 339-335.
- Valenzuela, J.L., M. Guzmán, A. Sánchez, A. del Río y L. Romero. 1993.** Relationship between biochemical indicators and physiological parameters of nitrogen and physiological plant age. pp: 215-257. In: M.A.C. Fragoso y M.L. van Beusichem (eds.). Optimization of Plant Nutrition. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
- Vargas O., Martínez M., Dávila P. 2003.** La familia Solanaceae en Jalisco:El género *Physalis*., Colección Flora de Jalisco No. 16. Inst.de Botánica,

Departamento de Botánica y Zoología, CUCBA, Universidad de Guadalajara. México. 130 p.

- Vargas-Ponce, O.; Valdivia-Mares, L.E.1 y Sánchez-Martínez, J. 2015.** Potencial alimenticio de los tomates de cáscara (*Physalis* spp.) de México. *Agro Productividad*: 1-53.
- Vavilov, N. I. 1926.** Studies on the origin and evolution of cultivated plantes. Inst. Appl. Bot. Plant Breed. Leningrad.
- Vavilov N. I. 1994 [1931].** México y Centroamérica como centro básico de origen de las plantas del nuevo mundo. *Revista de Geografía Agrícola*, 20, 15-34, 1994. Publicación original: Vavilov N. I. (1931) *Boletín de Botánica Aplicada, Genética y Fitomejoramiento (URSS)*, 26.
- Villatoro L., J. C. 1996.** Cultivo *in vitro* de yemas axilares para la micropropagación de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa, Brot.*) Var, Rendidora. Tesis Profesional en Ingeniero Agrónomo Especialista en fitotecnia. Universidad Autonoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 56-78.
- Wan D., Wang A., Wu G. & Zhao C. 2008.** Isolation of polymorphic microsatellite markers from *Przewalskia tanguica* (Solanaceae). *Conservation Genetics*, 9, 995-997
- Waterfall, U. T. 1967.** *Physalis* in Mexico, Central America and The West Indies. *Rhodora*. 69: 85-150, 503-539, 319-359
- Wang, L. Zinchao, L. y Chaoying, H. 2015.** Transcripciones para la variación natural del tamaño del órgano floral en *Physalis Philadelphica* *Journal of Experimental Botany*, Vol. 63(18): 6457-6465. doi:10.1093/jxb/ers599.
- Withson M. y Manos P. S. 2005.** Untangling *Physalis* (Solanaceae) from the Physaloids: A Two-Gene Phylogeny of the Physalinae. *Systematic Botany* 30 (1) 516-530.
- Pilar Zamora-Tavares, P., Ofelia Vargas-Ponce, O., Sánchez-Martínez, J. y Cabrera-Toledo, D. 2015.** *Genet Resour Crop Evol*) 65: 141. <https://doi.org/10.1007/s10755-014-0163-9>

Ventura, E., Maldonado, U., García, A., Bazaldúa, C., Salcedo, G., Jiménez, G. y Trejo, T. G. 2013. Propagacion in vitro de plantas de tomate (*Physalis ixocarpa* Brot.) con tolerancia a enfermedades de tipo viral. Memorias del Congreso. XI CONGRESO NACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOINGENIERÍA Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Instituto Politécnico Nacional. 105 p.

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.