

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Estudio Comparativo de Caracteres Morfológicos y Estomáticos en Tres Niveles de Ploidía en *Physalis ixocarpa* Brot.

Por:

LETICIA CASIANO VICTORIANO

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Saltillo, Coahuila, México

Septiembre del 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Estudio Comparativo de Caracteres Morfológicos y Estomáticos en Tres Niveles
de Ploidía en *Physalis ixocarpa* Brot.

Por:

LETICIA CASIANO VICTORIANO

Tesis

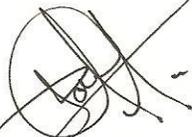
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

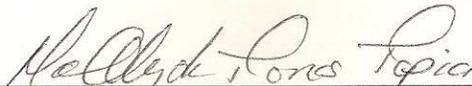
Aprobada por:



DRA. FRANCISCA RAMÍREZ GODINA
ASESOR PRINCIPAL



DR. VALENTÍN ROBLEDO TORRES
COASESOR



M.P. MARÍA ALEJANDRA TORRES TAPIA
COASESOR

DR. LEOBARDO BAÑUELOS HERRERA
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Septiembre del 2012

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Ambrosio Casiano Meneses y Juana Victoriano Martínez

Por haberme dado la oportunidad de nacer y formar parte de su familia. Además gracias por darme la mejor herencia que se le puede dar a un hijo y por inculcarme sus buenos valores como persona, siempre han sido mi mejor ejemplo, éste logro mío también es suyo, ya que sin ustedes ésta meta no hubiese hecho posible, gracias por su amor, compañía, confianza y por ser mis padres. Sin embargo el destino se encargó de cambiar nuestras vidas, aún no logro superarlo, no sabes cuanta falta me haces papi, lo que daría para que estuvieran conmigo y disfrutar de su maravillosa compañía. Hoy quiero que sepan que son los mejores padres del mundo y que nunca podré pagar una vida de lucha y sacrificios ni aún con las riquezas más grandes del mundo.

Los amo...

A MIS HERMANOS:

Mariluz, Gerardo, Jaime, Víctor, Pedro, Antonio y Karen

Por compartir momentos maravillosos y por ser parte importante en mi vida, hoy quiero decirles que aunque nuestros rumbos han tomado caminos diferentes, sé que siempre serán mis hermanos y eso nadie lo cambiará, a veces es difícil comprender el destino, pero sé que todo tiene una razón de ser, en ocasiones es dolorosa y difícil de aceptarlo, aunque entiendo que todos algún día realizaremos nuestra vida propia, gracias por su confianza que siempre han depositado en mí y por su apoyo incondicional en todo momento.

Los quiero mucho...

A MI HERMANA Y CUÑADO: Mariluz Casiano Victoriano y Sabino Mejía Carmona

Por darme unos maravillosos sobrinos a los que adoro mucho, gracias por el apoyo incondicional a mi familia, siempre les estaré agradecida a todos ustedes y éste logro mío es para ustedes.

Muchas gracias...

A MIS SOBRINOS:

Wilians, Kevin, Joselin

Mis niños hermosos, son mi alegría en todo momento, su inocencia y su ternura son cosas inigualables, los quiero mucho mis pequeños corazones, son mi motivo de seguir luchando y lograr todos mis sueños.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por darme la oportunidad de nacer, además de unos padres maravillosos, y por darme fuerzas a enfrentar cada obstáculo en mi camino.

A MI ALMA TERRA MATER:

Por darme la oportunidad de formar parte de ella durante cinco años, además de darme buenos maestros, amigos y sobre todo conocimientos que me servirán en un futuro.

AL DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA:

Por darme la oportunidad de conocer y convivir con algunos maestros, además de formarme como profesionista en la carrera de ingeniero en agrobiología.

A MIS MAESTROS DE LA UAAAN

Al Dr. Manuel De la Rosa Ibarra, Dr. Jesús Valdés Reyna y José Ángel Villareal Quintanilla, por aportarme sus valiosos conocimientos y por su necesidad de formar profesionistas exitosos y competitivos. Son mis ejemplos a seguir como profesionista, hoy quiero decirles, sigan así no cambien nunca por favor ya que todos necesitamos de sus valiosos conocimientos y experiencias.

A MI MAESTRO DEL CBTa No. 191

Al **Lic. Juan Carlos Portillo Vega**, por aportarme conocimientos, valores y apoyo incondicional en todo momento, nunca podré pagarle todo lo que ha hecho por mí, gracias por ser mi amigo y un ejemplo a seguir como profesionista y como persona.

A MI ESPOSO RICARDO TELESFOR SANTOS:

Por su amor, compañía y apoyo incondicional, en los momentos difíciles de mi vida. Además de palabras de motivación, gracias por formar parte de mi vida y por compartir momentos de alegrías, sueños y logros.

A MIS ASESORES DE TESIS:

La Dra. Francisca Ramírez Godina, Dr. Valentín Robledo Torres y M.P. Ma. Alejandra Torres Tapia por apoyarme en la investigación de éste trabajo, y dedicarme el tiempo necesario en todo momento.

AL LABORATORIO DE CITOGENÉTICA Y LA T.A. NORMA LETICIA GAONA

Por permitirme realizar trabajos de investigación y apoyo de materiales y equipo para éste trabajo.

A MIS MÁS GRANDES AMIGOS:

Etelberto Cortes Quevedo

Gelmy Gabriela Esquinca Toledo

Karina Jiménez Sandoval

Yesica Rendón Aquino

Julia Rivera Jiménez

Por compartir momentos de alegrías y de tristezas, además de su apoyo incondicional en todo momento, por sus buenos consejos, comprensión y compañía y demostrarme que a pesar de nuestros momentos de enojos, siempre nuestra amistad a podido más que todo, gracias por ser mis mejores amigos, los quiero mucho y siempre estarán en mi mente y en mi corazón, sin importar la distancia y el rumbo de nuestros destinos.

A MIS AMIGOS DE LA UAAAN

Angy, Anita, Mary, Ofe, Rosy, Eliza, Lulú, Blanquita, Irene, Oli, Carmen y Dieguito, por compartir momentos inolvidables de alegrías, gracias a todos por su compañía durante cinco años en la carrera de la universidad y ojalá que a pesar de la distancia siempre estemos en contacto.

A MIS COMPAÑERAS DEL CUARTO 3

Arisbed, Elena, Martha y Lupita por compartir un espacio en el internado y tratar de que sea un ambiente familiar, gracias chicas por los momentos de alegrías, ojalá que esa sonrisa siempre las acompañe.

A MIS GRANDES AMIGOS DEL CBTa No. 191

Yeni Yarelia Tereza Nandí

Eneyda Rafael Cortes

Divina Marcelino Meneses

Emir Nava Venancio

Venustiano Ayodoro Ubaldo

Por compartir momento inolvidables de alegrías, tristezas, emociones y sobre todo su compañía, a pesar que nuestros rumbos han tomado diferentes caminos, siempre ocuparan un lugar especial en mi corazón, y siempre estarán en mis más bonitos recuerdos, los quiero mucho a todos y les deseo lo mejor del mundo.

| ÍNDICE | Página |
|------------------------------------------------------------------------|---------------|
| ÍNDICE DE CUADROS..... | Viii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | ix |
| RESUMEN..... | 1 |
| INTRODUCCIÓN..... | 3 |
| Objetivos..... | 4 |
| Hipótesis..... | 4 |
| REVISION DE LITERATURA..... | 5 |
| Origen del Tomate de Cáscara..... | 5 |
| Historia del Tomate de Cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot.)..... | 5 |
| Importancia Económica del Cultivo de Tomate de Cáscara en México..... | 6 |
| Principales Estados Productores de Tomate de Cáscara..... | 7 |
| Taxonomía del Tomate de Cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot.)..... | 8 |
| Descripción Morfológica de <i>Physalis ixocarpa</i> Brot..... | 8 |
| Requerimientos Climáticos del Tomate de Cáscara..... | 10 |
| Principales Plagas del Tomate de Cáscara..... | 10 |
| Principales Enfermedades del Tomate de Cáscara..... | 11 |
| Mejoramiento Genético en Tomate de Cáscara..... | 13 |
| La Poliploidía en el Mejoramiento Genético..... | 14 |
| Mejoramiento Genético Mediante el Uso de Poliploides..... | 15 |
| Importancia de los Estomas..... | 18 |
| Intercambio Gaseoso en Plantas..... | 19 |
| Conducción Estomática..... | 20 |
| Movimiento Estomático..... | 20 |
| Importancia de la Caracterización Morfológica en Plantas..... | 21 |
| Estudio de Caracteres Morfológicos y Estomáticos en Poliploides..... | 22 |
| MATERIALES Y MÉTODOS..... | 24 |
| Localización Geográfica del Sitio Experimental..... | 24 |

| | |
|---------------------------------------------------------|----|
| Temperatura..... | 24 |
| El Clima..... | 24 |
| La Precipitación..... | 24 |
| Material Biológico..... | 24 |
| Metodología..... | 25 |
| Construcción de Camas en Campo..... | 26 |
| A) Preparación del Terreno y Construcción de Camas..... | 26 |
| B) Establecimiento del Sistema de Riego..... | 26 |
| C) Fertilización de las Camas..... | 27 |
| D) Acolchado de Camas..... | 27 |
| E) Trasplante..... | 27 |
| F) Control de Malezas..... | 27 |
| G) Fertilización del Cultivo en Tomate de Cáscara..... | 28 |
| H) Control de Plagas y Enfermedades..... | 28 |
| Variables Agronómicas..... | 29 |
| Diseño Experimental..... | 31 |
| Análisis Estadísticos..... | 32 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 33 |
| CONCLUSIONES..... | 43 |
| LITERATURA CITADA..... | 44 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Página |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 3.1 Poblaciones diploides, triploides y tetraploides, estudiadas en el presente trabajo de investigación en Tomate de Cáscara, en Saltillo, Coahuila..... | 25 |
| 4.2 Cuadrados medios y valores de F, obtenidos del análisis de varianza aplicados en poblaciones diploides, tetraploides y triploides en un cultivo de <i>Physalis ixocarpa</i> | 33 |
| 4.3 Cuadrados medios y valores de F obtenidos del análisis de varianza aplicado para densidad e índice estomático en poblaciones diploides, tetraploides y triploides de <i>Physalis ixocarpa</i> | 38 |

| ÍNDICE DE FIGURAS | | Página |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 3.1 | Hoja de tomate..... | 30 |
| 3.2 | Estomas y células tabloides..... | 30 |
| 4.3 | Comparación de medias en diámetro de tallo en progenitores y cruzas de tomate de cascara, estudiadas en Saltillo, Coahuila..... | 34 |
| 4.4 | Valores medios del ancho de hojas en progenitores y cruzas de tomate de cáscara, estudiado en Saltillo, Coahuila..... | 36 |
| 4.5 | Valores medios del largo de hojas de progenitores y cruzas en tomate de cáscara, estudiado en Saltillo, Coahuila..... | 37 |
| 4.6 | Valores medios del diámetro de flor en progenitores y cruzas de tomate de cáscara, estudiado en Saltillo, Coahuila..... | 37 |
| 4.7 | Valores medios densidad estomática adaxial (DEAd) de progenitores y cruzas de tomate de cáscara, estudiado en Saltillo, Coahuila..... | 39 |
| 4.8 | Valores medios densidad estomática abaxial (DEAb) de progenitores y cruzas de tomate de cáscara, estudiados en Saltillo, Coahuila..... | 40 |
| 4.9 | Impresiones de la epidermis de hojas de tomate de cáscara; Distribución de los estomas, de Diploide (A), Triploides (B) y Tetraploides (C) 40X..... | 40 |
| 4.10 | Valores medios del índice estomático adaxial (IEAd) de progenitores y cruzas de tomate de cáscara, estudiado en Saltillo, Coahuila..... | 41 |
| 4.11 | Valores medios del índice estomático abaxial (IEAb) de progenitores y cruzas de tomate de cáscara, estudiado en Saltillo, Coahuila..... | 42 |

RESUMEN

Physalis ixocarpa Brot. es un solanácea cultivada en México y Guatemala. La importancia de ésta hortaliza se debe a su alto consumo en México y a su exportación a los Estados Unidos de América y Canadá. El nivel de ploidía del tomatillo, tanto de los tipos silvestres como de los cultivados es diploide $2n=2X=24$, aunque algunas especies del género que son poliploides. La utilización de tetraploides $2n=4X=48$ seleccionados de *P. ixocarpa* formados por acción de colchicina, y el uso de materiales diploides comerciales, así como la obtención de híbridos triploides $2n=3X=36$, abre nuevas posibilidades en la selección y mejora de esta especie para obtener genotipos con altos rendimientos y mayor calidad de fruto. El presente trabajo tiene como objetivo estudiar comparativamente los tres niveles de ploidía desde el punto de vista morfológico, además comparar el número de estomas y células tabloides en diploides, tetraploides y triploides. Se utilizaron cinco poblaciones diploides y cinco autotetraploides formadas con colchicina y diez híbridos triploides. La parcela experimental fue de 10 camas de 5 metros de largo, sembrados a hilera simple, en un diseño experimental de bloques completos al azar, con 20 tratamientos y 5 repeticiones. Las variables evaluadas fueron diámetro de tallo (DT), altura de planta (AP), ancho de hojas (AH), largo de hojas (LH), diámetro de flores (DF), número de estomas y células tabloides en haz y envés de las hojas para determinar densidad estomática (DE) e índice estomático (IE). Éstas variables se midieron con una cinta métrica en centímetros y con un vernier digital (marca AutoTEC) para el diámetro de tallo. El número de estomas y células tabloides se observaron en un microscopio compuesto (marca Carl Zeiss). Los resultados se sometieron al análisis de varianza y comparación de medias en el programa SAS (versión 9.0). Los tetraploides mostraron mayor DT, AH y DF, mientras que los diploides presentaron mayor LH y los triploides obtuvieron mayor AP. Por otro lado cabe mencionar que los diploides son los que mostraron menor DT, AH y DF.

Los diploides, tetraploides y triploides de tomate de cáscara mostraron menor número de estomas en la parte adaxial de las hojas, considerándose plantas hipoestomáticas por presentar densidades estomáticas mayores en la parte abaxial. Se encontró que las poblaciones diploides mostraron el mayor número de estomas por mm^2 tanto en la parte adaxial como abaxial de la hoja. Siendo los tetraploides los que mostraron el menor número de estomas (DEAd y DEAb) en comparación a los diploides y triploides. De igual forma para índice estomático las poblaciones diploides obtuvieron el mayor porcentaje de células tabloides adaxial y abaxial y las poblaciones triploides mostraron un ligero aumento de células tabloides en la parte abaxial que las poblaciones tetraploides.

Los diferentes niveles de ploidía modifican los caracteres morfológicos como DT, AP, AH, LH y DF. Por lo tanto se concluye que

Las poblaciones tetraploides desarrollan tejidos más vigorosos que las poblaciones diploides y triploides de tomatillo.

Se encontró que conforme se incremento el nivel de ploidía se redujo la densidad estomática y el índice estomático, características importantes en procesos de fotosíntesis, transpiración y respiración.

Es importante continuar con el presente trabajo a fin de estudiar los cambios que ocurren con el incremento en el nivel de ploidía.

Palabras claves: Tomate de cáscara, Diploides, Tetraploides, Triploides, Estomas, Células Tabloides.

INTRODUCCIÓN

Physalis ixocarpa Brot. es un solanácea cultivada en México y Guatemala (Del Monte,1998). En el 2010 fue la cuarta hortaliza en superficie sembrada en México, con un área de 48,475 ha (SIAP-SAGARPA, 2011). La importancia de ésta hortaliza se debe a su alto consumo en México y a su exportación a los Estados Unidos de América y Canadá. Por otro lado se ha encontrado que el tomate de cáscara se produce casi en todo el país, pudiéndose distinguir la Zona Norte-Pacífico (Sonora, Zacatecas y Sinaloa) y la Zona Centro-Occidente (Puebla, Michoacán, Guanajuato, México, Guerrero, Hidalgo y Morelos) (FUPPUE, 2004). Sin embargo los estados con más superficies sembradas son: Sinaloa, Michoacán, Jalisco, México, Sonora, Puebla, Morelos y Zacatecas. Mientras que los estados que más aportan a la producción nacional son, Sinaloa con el 22.54 % de la producción; Michoacán aporta el 15.06 %; Jalisco con 9.32%; Sonora con 8.66%; Puebla con un 7.18 % y Morelos con un 6.07 %. No obstante que el tomatillo es originario de México, su mejoramiento genético ha sido limitado, por lo que el proceso de producción se sustenta en gran medida en variedades nativas, dando como resultado que el rendimiento promedio nacional sea bajo, en relación con el potencial productivo de variedades mejoradas. Una de las limitaciones en la mejora genética es la autoincompatibilidad de ésta especie (Pandey, 1957), lo cual descarta la posibilidad de hibridación clásica, por el problema para generar líneas por autofecundación, aunque la formación de híbridos mediante el uso de líneas dihaploides, obtenidas por cultivos de anteras y la formación de híbridos intervarietales, planta a planta puede tener potencial (Peña *et al.*, 2002).

El nivel de ploidía del tomatillo, tanto de los tipos silvestres como de los cultivados es diploide $2n=2X=24$, aunque algunas especies del género son poliploides (Menzel, 1951). La utilización de tetraploides $2n=4X=48$ seleccionados de *P. ixocarpa* formados por acción de colchicina, y el uso de materiales diploides comerciales, así como la obtención de híbridos triploides

$2n=3X=36$, abre nuevas posibilidades en la selección y mejora de esta especie para obtener genotipos con altos rendimientos y mayor calidad de fruto. Con el incremento de ploidía hay modificación en el tamaño celular, por lo que es necesario estudiar estructuras celulares como las estomas, quienes se relacionan con importantes funciones fisiológicas de la planta como la fotosíntesis y respiración, las cuales se reflejan en el rendimiento de fruto y acumulación de biomasa en las plantas.

Se ha encontrado que los estomas tienen la características de ser más grandes y menos frecuentes en especies de cítricos poliploides que en sus progenitores diploides (Costa *et al.*, 2003). Así mismo, los estomas con amplios poros estomáticos facilitan altas tasas de intercambio de CO_2 (Franks y Farquhar, 2007). Debido a la importancia que tienen las características morfológicas y los estomas en la productividad de los cultivos, así como la variabilidad en poliploides de tomate de cáscara, en el rendimiento del fruto y la sobreexpresión de caracteres relacionados con el rendimiento de fruto (Robledo *et al.*, 2011), resulta importante estudiar las características morfológicas y densidad e índice estomático y detectar el impacto que tienen estos caracteres con el nivel de ploidía en tomate de cáscara.

Objetivos

- Estudiar comparativamente los tres niveles de ploidía desde el punto de vista morfológico en *Physalis ixocarpa* Brot.
- Comparar el número de estomas y células tabloides en diploides, tetraploides y triploides en *Physalis ixocarpa* Brot.

Hipótesis

- Los diferentes niveles de ploidía modifican los caracteres morfológicos y estomáticos en plantas de *Physalis ixocarpa* Brot.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen del Tomate de Cáscara

Del Monte (1998) indica que el tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) es una solanácea cultivada en México y Guatemala, originaria de Mesoamérica. En tiempos prehispánicos se afirman que en México era mucho más apreciado el jitomate (*Lycopersicon sculentum*); 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 pudrición. Posiblemente, por lo vistoso del fruto y por contar con formas de consumo independientes del chile (*Capsicum*), el jitomate alcanzó mayor aceptación fuera de Mesoamérica, y *Physalis* quedó marginado o se dejó de cultivar, en países como España. Sin embargo Del Monte (1998) menciona que un gran número de especies del género *Physalis* son pocas utilizadas por su fruto. Motivo por el cual *Physalis peruviana* L., es cultivada en Perú desde tiempos precolombinos y los frutos de *Physalis chenopodifolia* se recolectan en el estado de Tlaxcala y México como ornamental, debido a lo vistoso del cáliz, además en Europa se cultiva *Physalis alkekengi* por la misma razón de estas dos especies anteriores de tomate.

Historia del Tomate de Cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.)

Tradicionalmente ha existido una seria controversia respecto al status taxonómico de *Physalis philadelphica* y *Physalis. ixocarpa*; la primera de estas especies posee la flor y el fruto de mayor tamaño, pero los restantes caracteres morfológicos muestran fuertes afinidades, aunque Fernández (1970) apunta que las dos plantas son especies diferentes, basándose en las diferencias de tamaño de flor y fruto. Por otro lado Hawkes (1972) considera que existen dudas sobre la

identidad de ambas, ya que Menzel (1951) las había agrupado, considerando *Pyisalis Philadelphica* como sinónimo de *Physalis ixocarpa*, pero sin considerar la prioridad nomenclatural existente. Aunque Hernández (1651) había descrito, tan tempranamente como en el siglo XVII, dos tipos de tomatillo en México, indicando además el nombre indígena, el de fruto grande, le denomina como tomate de cáscara, que de acuerdo con Hudson (1986) aparece actualmente en México y Guatemala, y el tipo de fruto pequeño, que se encuentra presente en el sur de México y en Guatemala. Cabe mencionar que *Physalis philadelphica* Lam. fué descrita en 1786, mientras que *Physalis ixocarpa* en 1819. Por otro lado Waterfall (1967) consideró que ambas especies eran coincidentes, describiendo subordinadas a *Physalis philadelphica* una variedad de flor pequeña como *Physalis phildadelphica* var. *Parviflora* Waterf., que después ha sido considerada por Kartesz (1994) como sinónimo de *Physalis ixocarpa*, incluyendo así ésta dentro de *Physalis philadelphica*.

Importancia Económica del Cultivo de Tomate de Cáscara en México

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) es una hortaliza de gran importancia económica y tradicional, su consumo se remonta a las épocas prehispánicas, se considera como un ingrediente básico en la cocina Mexicana debido principalmente a la elaboración de salsas y otros guisados hechos a partir de este fruto. Además de la importancia que tiene su contenido nutricional, en vitaminas y minerales. Por otro lado se dice que el tomate de cáscara es un producto que generalmente se comercializa en fresco y tiene una producción a nivel nacional prácticamente durante todo el año. Muy poco tomate de cáscara se comercializa fuera de México. Después de México el principal consumidor es Estados Unidos de Norteamérica, en donde se considera que las personas que consumen este producto son originarias de México (FUPPUE, 2004). El tomate de cáscara es un componente constante de la dieta Mexicana y Guatemalteca, principalmente en forma de salsas preparadas con frutos y chiles molidos, las cuales mejoran el sabor de las comidas y estimulan el apetito. También se utiliza

el tomate en salsas con chile verde, para atenuar su sabor picante. Con el fruto del tomate, cocinado o incluso crudo, se elaboran purés o picadillos, que se utilizan como base para salsas con chile, conocidas genéricamente como salsa verde; pueden usarse para acompañar comidas preparadas, o bien emplearse en la preparación de diversos guisados. La infusión de las cáscaras (cálices) se agrega a la masa de tamales, para mejorar su consistencia esponjosa, así como a la de buñuelos; también se utiliza para dar sabor al arroz blanco y ablandar carnes (Del Monte, 1998).

Principales Estados Productores de Tomate de Cáscara

El tomate de cáscara se produce casi en todo el país, pudiéndose distinguir la zona norte-pacífico (Sonora, Zacatecas y Sinaloa) y la zona centro-occidente (Puebla, Michoacán, Guanajuato, México, Guerrero, Hidalgo y Morelos) (FUPPUE, 2004). Sin embargo los estados con más superficies sembradas son: Sinaloa, Michoacán, Jalisco, México, Sonora, Puebla, Morelos y Zacatecas y cabe mencionar que los estados que más aportan a la producción nacional son, Sinaloa con el 22.54 % de la producción; Michoacán aporta el 15.06 %; Jalisco con 9.32%; Sonora con 8.66%; Puebla con un 7.18 % y Morelos con un 6.07 %. Por otro lado en el estado de Puebla la producción se concentra en los municipios de Quecholac, Palmar de Bravo, Tecamachalco, Atlixco, Huaquechula, Xicotepec, Coatzingo y San José de Chiapa. La superficie sembrada en el estado de Puebla ha fluctuado entre las 3,900 a 6,500 ha, siendo en 1997 donde más terreno se sembró con éste cultivo, con 6,700 ha. El volumen de producción es de 53,000 toneladas, en promedio al año; mientras que los rendimientos se han mantenido en 10 y 11 toneladas por hectárea en riego y 5 toneladas por hectárea en temporal (FUPPUE, 2004).

Taxonomía del Tomate de Cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.)

La clasificación del tomate de cáscara obedece principalmente a las características fenotípicas del fruto y al número cromosómico.

Clasificación taxonómica del tomate de cáscara según Jones (1987).

Reino: Vegetal

Subreino: Embryobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Dicotyledoneae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Subfamilia: Solanoideae

Tribu: Solaneae

Género: *Physalis*

Especie: *ixocarpa* Brot ex Hornem.

Nombres comunes: tomate de cáscara, tomatillo, tomate verde, miltomate, tomate.

Descripción Morfológica de *Physalis ixocarpa* Brot.

Raíz

Es de tipo pivotante, presenta raíces secundarias que pueden profundizar hasta 60 cm o más. En el método de trasplante la raíz sufre una modificación transformándose a fibrosa y de poca penetración en el suelo (Fernández y Garza, 1982).

Tallo

Es vigoroso, herbáceo en las primeras fases de desarrollo, tanto en hojas como en ramas se presentan pubescencias, que desaparecen conforme la planta crece y se desarrolla. Su altura varia de 0.4 a 0.9 metros, el diámetro del tallo principal es de 12 mm a los 56 días aproximadamente, con ramas primarias de 9 mm que llegan a extenderse a un metro de longitud (Saray, 1977).

Flores

Son individuales y axilares, de color amarillo, con un diámetro de apertura de aproximadamente de 2.5 cm en promedio, asimétrica en la base, es decir con la corola en forma de estrella, ovario súpero, el cáliz maduro forma una bolsa esférica membranosa. Las flores son perfectas, pero presentan autoincompatibilidad no específica, ovario con pistilo ligeramente corto de estigma pequeño (Saray y Loya, 1978).

Fruto

Es una baya, su color varía de amarillo a verde en distintas tonalidades alcanzando hasta un color morado, su tamaño varia de 2 a 5.5 cm de diámetro, su sabor varía del ácido al dulce, pasando por el agridulce (Saray, 1977).

Semillas

Son muy pequeñas de color crema pálido, tienen forma de disco, con diámetro menor a 3 mm, con un espesor menor de 0.5 mm, testa lisa (Saray y Loya, 1978).

Requerimientos Climáticos del Tomate de Cáscara

Radiación

El tomate es un cultivo insensible al fotoperiodo, entre 8 y 16 horas, aunque requiere buena iluminación (Calvert, 1973). Aung (1976) indica que las iluminaciones limitadas reduce la fotosíntesis neta e implica mayor competencia por los productos asimilados, con incidencia en el desarrollo y producción.

Temperatura

El tomate es una planta termoperiódica, creciendo mejor con temperatura variable que constante, que varía con la edad de la planta (Went, 1944).

Humedad del Aire

En el cultivo de tomate la humedad relativa del aire inferior al 90% es deseable, pues valores superiores favorecen el desarrollo de enfermedades criptogámicas, especialmente *Botrytis* (Harper *et al.*, 1979; Hurd y Sheard, 1981).

Principales Plagas del Tomate de Cáscara

- » Pulga Saltona (*Epitrix sp.*).
- » Trips (*Thrips spp.*).
- » Gusano Minador de la Hoja (*Phyllocnistis citrella*).
- » Gusano del Fruto (*Agrotis sp.*).
- » Gusano Medidor (*Alabama argillacea*).
- » Gusano Peludo (*Thaumetopoea pityocampa*).
- » Gusano Alfiler (*Keiferia lycopersicella*).
- » Pulgón (*Aphis gossypii*)
- » Mosca Blanca (*Bemisia tabaci*)

» Paratrioza (*cockerelli Sulc.*)

En algunas zonas donde este cultivo se realiza en fechas demasiado cálidas es conveniente utilizar insecticidas sistémicos (imidacloprid), para prevenir el daño que puedan ocasionar insectos vectores (pulgón, mosca blanca, trips, etc) en su etapa crítica de desarrollo.

Principales Enfermedades del Tomate de Cáscara

Mancha de la Hoja (*Cercospora physalidis*)

Las características de esta enfermedad son manchas necróticas circulares u oblongas en hojas, con bordes bien marcados de color castaño oscuro y el centro gris claro, ésta enfermedad se propaga más en clima húmedo. El tratamiento debe hacerse desde la aparición de las primeras manchas con clorotalonil oxiclورو de cobre, captan o mancozeb.

Carbón Blanco (*Entyloma australe*)

En el inicio del ataque se observan unas pequeñas manchas circulares blancas sobre el envés de las hojas que posteriormente se hacen visibles en el haz. Estos puntos de infección se diseminan por toda la hoja llegando a cubrir prácticamente toda su superficie. A medida que avanza la enfermedad, alrededor de la mancha se forma sobre el haz, un anillo pardo violáceo muy característico. Estas manchas acaban por necrosarse llegando a romper el tejido de la hoja. Es necesario hacer aplicaciones a base de cobre o mancozeb; en caso que la enfermedad se presente con mayor fuerza realizar aplicación con triadimefon.

Cenicilla (*Oidiopsis taurica*)

Ésta es una de las enfermedades fungosas que más ataca al tomate de cáscara, los síntomas que se observan son manchas pulverulentas de color blanco en la superficie de las hojas (haz y envés) y en el tallo, avanza cubriendo todo el aparato vegetativo llegando a invadir la hoja entera, también afecta a tallos y pecíolos e incluso frutos en ataque muy fuerte. Las hojas y tallos atacados se vuelven de color amarillento y se secan. Las malas hierbas y otros cultivos, así como restos de cultivos serían las fuentes de inóculo y el viento es el encargado de transportar las esporas y dispersar la enfermedad, los métodos preventivos de ésta enfermedad son; a) la eliminación de malas hierbas y restos de cultivos, b) utilización de semillas sanas, c) el control químico es a base de azufre micronizado, bupirimato, ciproconazol, dinocap fenbuconazol, propiconazol, triadimenol.

Moho Gris, Podredumbre Gris (*Botrytis Cineraria*)

Es un parásito que afecta a un amplio número de especies vegetales afectando a todos los cultivos, entre ellos el tomate de cáscara. En plántulas produce Damping Off, en hojas y flores se producen lesiones pardas. En frutos se produce una podredumbre blanda en la que se observa el hongo gris. Las principales fuentes de inóculo las constituyen los restos de vegetales que son dispersados por el viento, salpicaduras de lluvia, agua de riego y los pétalos infectados desprendidos también dispersan el hongo.

El control químico debe ser a base de benomilo, captan, tiabendazol oxinato de cobre, clorotaloni, anilazina, maneb.

Virus de la Marchitez Manchada del Tomate (TSWV Tomato Spotted Wilt Virus)

Este virus es transmitido por mosca blanca y trips, la planta es infectada normalmente en su etapa inicial, cuando la planta tiene aproximadamente 10 días de nacida es recomendable hacer inspecciones minuciosas en ese momento ya que los trips son difíciles de detectar, una vez infectada la planta manifiesta la enfermedad al principio de la floración tornándose amarillenta, las hojas comienzan a deformarse y se detiene su crecimiento. Y en los tallos necrosamiento que se extiende más o menos desde el centro hacia arriba y hacia abajo, licuefacción de estos, y por ende muerte del ápice de crecimiento y eje floral. La mejor manera de tratar esta enfermedad es la prevención desde el momento de la nacencia a base de dimetoato, endosulfan, metamidofos y agroquímicos sistémicos como imidacloprid.

Mejoramiento Genético en Tomate de Cáscara

El tomate de cáscara presenta una gran variabilidad genética en cuanto a tipo de planta y fruto; encontrándose plantas rastreras, semi-rastreras y erectas, con colores de fruto que varían del amarillo al verde en distintas tonalidades hasta el color morado.

Por otro lado el Campo Agrícola Experimental de Zacatepec, a través del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, SARH, inició el programa de Hortalizas en 1972 un proyecto sobre Mejoramiento Genético del tomate de cáscara, con la finalidad de obtener una variedad de alto rendimiento. Inicialmente se trabajó con una colección de 49 materiales criollos del Estado de Morelos, a los cuales, se les evaluó durante un periodo de cuatro años. Durante éste tiempo, se logró seleccionar por su más alto rendimiento una variedad a la cuál finalmente se le asignó el nombre de variedad "Rendidora". Además esta variedad es resistente a algunas plagas y enfermedades excepto a la cenilla y chino. Además

la firmeza del fruto es buena, cualidad deseable durante el transporte hacia los lugares de consumo, su sabor es agridulce y es preferido en la preparación de salsa. Peña y Márquez (1990) indican que la selección familiar de medios hermanos son los métodos genotécnicos de selección más apropiados para el mejoramiento del tomate de cáscara, por su parte Peña (1994) indica que la formación de híbridos mediante el uso de líneas dihaploides obtenidas por cultivo de anteras tiene gran potencial en el rendimiento del cultivo.

Sánchez (2002) indica que para mejorar el tomate genéticamente, emplearon el método de familias de medios hermanos. De ésta manera lograron cuatro variedades experimentales de Tomate de cáscara, denominadas Tomoca 2002 (Tomate morado de cáscara), Tomveca 2002 (Tomate morado verde de cáscara), Tomaca 2002 (Tomate amarillo de cáscara) y Toveca 2002 (Tomate verde de cáscara), todas de hábito rastrero, ya que, según los especialistas, estas dan mayores rendimientos.

Ramírez *et al.*, (2007) dicen que en el cultivo de tomate de cáscara se han impulsado programas de mejoramiento genético a fin de obtener genotipos con mayor producción, tolerancia a plagas y enfermedades, adaptación a nuevas zonas del cultivo, etc. Sin embargo el sistema reproductivo del tomate de cáscara ha limitado la formación de híbridos o genotipos altamente rendidores, por lo tanto se hace necesario la formación y evaluación de poliploides, formados mediante el uso de colchicina, opción que representa una opción relativamente rápida para obtener variaciones cromosómicas que ofrezcan suficiente variabilidad genética para iniciar programas de selección.

La Poliploidía en el Mejoramiento Genético

Klug y Cummings (1999) definen el término poliploide y describen casos donde se encuentran múltiplos de más de dos dotaciones haploides de cromosomas, y dicen que la designación de los poliploides se basa en el número

de dotaciones de cromosomas que se encuentran: un triploide tiene ($3n$) tres juegos de cromosomas, un tetraploide ($4n$) cuatro pares de cromosomas, un pentaploide ($5n$) tiene cinco pares de cromosomas y así sucesivamente.

Por otro lado Klug y Cummings (1999) encontraron que los números impares de dotaciones cromosómicas normalmente no se mantienen de modo seguro de generación en generación debido a que los organismos poliploides con un número impar de homólogos no se producen gametos equilibrados genéticamente. Por esta razón los triploides, pentaploides y sucesivos no se encuentran normalmente en especies que dependen exclusivamente de la reproducción sexual para su propagación.

Sin embargo la poliploidia se puede originar de dos modos: primero por la adición de uno o más dotaciones extras de cromosomas, idénticas a la dotación haploide normal de la misma especie, dando lugar a la autoploidia; y la segunda puede ocurrir una combinación de dotaciones cromosómicas de especies diferentes como consecuencias de cruzamientos interespecíficos que dan lugar a la alopoliploidia (Klug y Cummings, 1999).

Mejoramiento Genético Mediante el Uso de Poliploides

Las papas nativas no han sido estudiadas profundamente, tomando en cuenta que el centro del origen y variación de la mayoría de las especies de papas cultivadas se halla en Perú. Según Brauer (1980), de 1073 colecciones pertenecientes a diferentes especies y grupos taxonómicos se encontraron 95 Diploides ;33 Triploides; 444 Tetraploides y 8 pentaploides, éste estudio de poliploides es importante para realizar las hibridaciones interespecíficas que dependen del grado de parentesco y del paralelismo en número ploídico porque la hibridación entre progenitores de diferente número cromosómico altera la relación y se produce incapacidad en el endospermo para la diferenciación y nutrición del embrión y en caso de producir semillas ésta sería inviable.

Por otro lado se ha encontrado que la papa puede ser clasificada en niveles de ploidía, de acuerdo al número de juego de cromosomas presente en una célula vegetativa (somática). Las células vegetativas normalmente contienen como mínimo dos juegos de cromosomas. El juego de cromosomas de la papa consta de 12 cromosomas, es decir $x=12$. Las células somáticas de las especies cultivadas de papa pueden variar entre el nivel diploide y pentaploide. Además la expresión $2n$ simboliza el total de juegos de cromosomas y, en consecuencia el número total de cromosomas en las células vegetativas en cualquier nivel de ploidia (INIA, 1995).

Darlington y Wylie (1995) indican que un número básico de cromosomas ($X=12$) es indispensable para obtener la existencia de individuos diploides, hexaploides y hasta dodecaploide en un cultivo de papa.

La mayoría de las papas silvestres (un 70 %) son diploides, ésto es, tienen dos juegos de cromosomas. La papa cultivada en cambio, es tetraploide, ya que sus células cuentan con cuatro juegos de ellos (cada uno también con doce cromosomas). Dado que en la mayoría de los cruzamientos entre diploides y tetraploides de papa, el endospermo resulta genéticamente desequilibrado (tiene más genes de un progenitor que del otro). Las especies silvestres diploides, cruzadas directamente con papa cultivada son incapaces de producir descendencia.

En la actualidad los principales objetivos en la mejora del cultivo de sandía, han sido el aumento de la resistencia a las enfermedades criptogámicas más frecuentes, en particular, la fusariosis, la precocidad y la concentración de la producción, el tamaño medio y uniforme del fruto, la resistencia al transporte y la obtención de variedades triploides híbridas, a partir del cruzamiento de plantas tetraploides con plantas diploides (Wehner e Barrett, s/ dato). Además cabe mencionar que todas las especies del género *Citrullus* son autocompatibles, para

mejorar ésta especie se ha utilizado la hibridación, la selección y los retrocruzamientos, así como el efecto de heterosis, que comenzó a ser explotado para la mejora de la sandía en la década de los 50 del siglo pasado (Fehér, 1993).

A la sandía sin semillas técnicamente se les denomina triploides obtenida por cruzamiento de una línea diploide ($2n$) con otra tetraploide ($4n$). Debido a que las variedades híbridas de sandía sin semilla producen polen estéril, es necesario para su producción intercalar entre el cultivo una variedad polinizadora que fecunde la flor femenina del triploide y que debe ser completamente diferentes en color de la piel a la variedad de la sin semilla (Núñez *et al.*, 2008).

Por otro lado cabe mencionar que la hibridación sexual interploide consiste en realizar cruzas entre genotipos de cítricos con diferente nivel de ploidía. Generalmente se están practicando cruzas entre genotipos diploides ($2n = 2x = 18$) con genotipos tetraploides ($2n = 4x = 36$), así como también de su recíproco. Los frutos resultantes de estas cruzas contienen semillas en las cuales se desarrolla un posible embrión triploide. Los árboles de genotipos triploides son de gran valor porque se caracterizan por producir frutas grandes carentes de semillas, las cuales son deseables para mercados de exportación. Sin embargo la mayoría de cultivares de limas y limones presentan el fenómeno conocido como apomixis o poliembrionía y producen varios embriones en cada semilla (Soost y Roose, 1996).

La hibridación sexual interploide es una de las líneas de investigación que se están abordando en programas de mejoramiento genético de países productores de cítricos (Ollitrault *et al.*, 2002; Tusa *et al.*, 1996; Navarro *et al.*, 2002; Grosser *et al.*, 2000; Grosser y Gmitter, 2005). Por otro lado ésta estrategia de mejoramiento genético además de incorporar tolerancia a patógenos, es posible obtener variedades de cítricos con frutos más grandes y sin semillas, los cuales son deseables tanto para el mercado interno como para la exportación. Además ésta alternativa gana mayor fuerza por la riqueza de los progenitores de híbridos

somáticos alotetraploides que se están produciendo por la hibridación somática (Grosser *et al.*, 2000), entre ellos algunos con potencial para el mejoramiento genético de cítricos ácidos (Kahn y Grosser, 2004).

Además la hibridación sexual interploide se ha vuelto más eficiente debido a la aplicación de las técnicas cultivo *in vitro* que permiten el rescate de embriones cigóticos en estado inmaduro, cuyo desarrollo puede ser impedido a causa de la competencia que ejercen los embriones nucelares y que bajo condiciones naturales terminan por eliminarlos en etapas tempranas de su desarrollo. Algunos laboratorios han desarrollado metodologías para el rescate y desarrollo *in vitro* de embriones en cítricos en estado inmaduro y que han permitido la obtención de una buena cantidad de plantas híbridas en cruza sexuales y entre distintos niveles de ploidía (Viloria *et al.*, 2005).

Importancia de los Estomas

Las hojas de las plantas están cubiertas en ambos lados por una capa de células tabloides, la cual contiene numerosos poros conocidos como estomas, que están rodeados por células oclusivas, las cuales controlan su apertura. Además de su pequeño tamaño los estomas constituyen una ruta muy eficiente para el intercambio gaseoso, que permite una pérdida de agua en forma de vapor desde células foliares (Ray, 1985). Por otro lado Gómez (1990) indica que existen 3 procesos importantes en las plantas y estos son: respiración, transpiración y fotosíntesis, los cuales son influenciados por el comportamiento y densidad de estomas. Además en la regulación del contenido de humedad en las plantas bajo temporal, los estomas juegan un papel importante, además cabe mencionar que la determinación de la densidad estomática, el mecanismo de cierre y apertura, son características importantes en la resistencia a la sequía. Sin embargo la presencia de estomas en haz y envés aumenta la superficie de evapotranspiración de la hoja por lo tanto la demanda de agua por parte de las

plantas es mayor. Además cabe mencionar que la fotosíntesis es favorecida cuando los estomas permanecen abiertos (Strasburger *et al.*, 1986).

Por otro lado Larcher (1977) encontró que las modificaciones de la apertura de los estomas, la planta puede controlar al mismo tiempo el flujo de entrada del CO₂ a la hoja y también a la pérdida de agua por transpiración.

Gil *et al.*, (2006) encontró que uno de los factores ambientales más importantes que afectan la apertura y cierre de estomas es la pérdida de agua. Y dice si la cantidad de agua en la hoja baja de cierto punto, la célula guardia pierde turgencia y el estoma se cierra, esto da entender que cuando una planta se marchita por falta de agua, el cierre de los estomas disminuye la pérdida adicional de agua. Sin embargo las características de los estomas y su respuesta a cambios en el microclima, ayudan a establecer diferencias en el comportamiento de distintas poblaciones y entender algunos de los procesos adaptativos (Fanjul, 1985). Por otro lado Hocker (1984) señala que el número de estomas determina la cantidad de agua transpirada y en cierta medida, los lugares donde pueden crecer las diferentes especies. Además las especies con superficies epidérmicas de hojas gruesas, cerosas y pocos estomas, son capaces de soportar sequías extremas y ocupar las localidades más secas. De otra manera la densidad estomática, es un factor de gran valor ecofisiológicos, por lo tanto regula el balance hídrico y el intercambio de gases en las hojas (Strasburger *et al.*, 1986).

Intercambio Gaseoso en Plantas

Debido a que los estomas representan no más del 0.01 % de la superficie foliar, podría esperarse que la difusión fuera extremadamente baja. Sin embargo se ha demostrado que los gases pueden entrar y salir con gran rapidez. Por otro lado la difusión del CO₂ tiene lugar usualmente solo a través de las superficies foliares que poseen estomas y aproximadamente en proporción al número de estomas presentes (Bidwell,

Conducción Estomática

Gil *et al.*, (2006) encontró que más del 90 % del agua que recibe una planta se pierde a través de las hojas. Por otro lado dice que el vapor de agua se mueve por difusión a través de los espacios del mesófilo hacia los estomas. Entonces el agua se difunde a través del estoma, directamente de la atmósfera, mientras el vapor de agua se mueve hacia fuera del estoma, el CO₂ de la atmósfera entra a la hoja por el estoma.

Movimiento Estomático

Bidwell (1979) menciona que cuando presión de turgencia dentro de la célula oclusiva aumenta, las células se tornan turgentes y asumen la forma de plátano, con las paredes engrosadas y separadas para formar un poro o abertura, esto se debe a que conforme las células adquieren turbidez tienden a expandirse en toda dirección; en consecuencia a medida que se alargan son forzadas a adquirir la forma de plátano por que las paredes engrosadas no pueden dilatarse, cuando disminuye la presión de turgencia, las células oclusivas se tornan flácidas, las paredes engrosadas se aproximan y los poros se cierran. Por otro lado los factores externos como la luz, la temperatura del aire y el suministro de agua tienen gran influencia en la abertura del estoma, mientras que la presión parcial del CO₂ intercelular, el contenido iónico y las fitohormonas son los factores internos que tienen gran influencia en la abertura del mismo.

Bazaldúa *et al.*, (2008) encontró que la disminución gradual del potencial hídrico influyó en el incremento de la densidad estomática en plantas de tomate de cáscara durante su aclimatación. El intercambio de gases se lleva a cabo a través de los estomas y permite la entrada de CO₂ y pérdida de agua bajo las condiciones cambiantes del ambiente. Esta pérdida de agua, que ocurre a través de estomas es conocida como transpiración, juega un papel muy importante en la regulación de la temperatura de la planta, de ahí surge el objetivo de estudiar la

morfología y densidad de estomas para entender mejor las funciones fisiológicas y su relación con variables agronómicas importantes.

Ray (1985) señala que los estomas son más abundantes en la cara inferior de la hoja, y a pesar de su pequeño tamaño, estos constituyen una ruta muy eficiente para el intercambio gaseoso, que permite una pérdida de agua en forma de vapor de las células foliares y se difunde con rapidez al aire más seco, que se encuentra en el exterior de la hoja.

Además cabe mencionar que la cantidad de estomas presentes en la superficie adaxial (haz) en comparación con la abaxial (envés) es característica distintiva de diferentes especies. Las plantas con mayor número de estomas en el haz son llamadas epiestomáticas, las que tienen mayor número en el envés son hipoestomáticas (caso en la mayoría de las hortalizas), mientras que aquellas con un número aproximadamente igual de estomas en haz y envés son anfiestomáticas (Barrientos y Sánchez, 1983; Barrientos y Sánchez, 1987). Sin embargo Piña (1994) señala que el carácter epiestomático o hipoestomático, se supone es una característica fija, pero se ha demostrado que es susceptible de cambiar en ciertas etapas de crecimiento de la planta o en respuesta a estímulos ambientales.

Importancia de la Caracterización Morfológica en Plantas

Ponce (1995) menciona que el número de frutos por planta, se asocia también a las partes morfológicas; así al evaluar el comportamiento de 12 cultivares de jitomate, encontró diferencias significativas en cuanto al número de frutos y de inflorescencias, como factores que contribuyen al rendimiento, existiendo una correlación positiva. Por otro lado Sión (1979) afirma que al relacionar el número y peso promedio de frutos por planta en jitomate, se encontró que los cultivares enanos produjeron bajos rendimientos frente a los cultivares altos, como resultado de su poca capacidad de asimilación.

Además cabe mencionar que el diámetro del tallo influye de manera significativa en el rendimiento, ya que como lo mencionaron Stevenson y Mertens (1980). Adams (1982) el tallo es el órgano de sostén, conducción de agua, nutrimentos, asimilados, de arquitectura y de almacén, funciones de gran importancia en la productividad de los cultivos. Sin embargo, Leperen *et al.*, (2003) mencionan que el estrés hídrico causado por una mala distribución del xilema provoca la abscisión de frutos, esto refuerza la importancia de tener un tallo en buenas condiciones y de mayor diámetro.

González (2001), menciona que la caracterización morfológica en diferentes cultivos se debe registrar aquellos caracteres altamente heredables, que pueden ser fácilmente evaluados a simple vista y se expresan en todos los ambientes. Además, las características morfológicas y su etnobotánica han sido el tema de numerosos estudios en genética de poblaciones y agricultura, donde la resistencia a plagas y enfermedades y el rendimiento han sido factores importantes (Falconer, 1981). La caracterización debe permitir diferenciar a las accesiones de una especie (Abadie y Berretta, s.f). Sin embargo en la mayoría de las plantas cultivadas, los órganos más importantes para la descripción morfológica son aquellos que están menos influenciados por el ambiente; entre éstos órganos quizás los más importantes son la flor y el fruto; le siguen en importancia otros como las hojas, troncos, ramas, raíces y los tejidos celulares que muchas veces son muy difíciles de caracterizar (Enríquez, 1991).

Estudio de Caracteres Morfológicos y Estomáticos en Poliploides

La formación de autotetraploides de *Passiflora edulis* Sims. ($2n=2x=18$) mediante el uso de colchicina y oryzalin permitió lograr plantas ($2n=2x=36$) más vigorosas, con estomas significativamente más grandes, y una densidad estomática significativamente menor que en los diploides (Rego *et al.*, 2011).

Kulkarni y Borse (2010) formaron plantas tetraploides en *Capsicum annuum* cv. 'GVC-111' con diferentes concentraciones de colchicina (0,05%, 0,1%, 0,2% y 0,4% de solución acuosa). Un total de 313 plantas se obtuvieron con una longitud significativamente mayor de estomas (48,6%), menor frecuencia de estomas por milímetro cuadrado (41,7%) y un mayor número de cloroplastos en células guardia (47,3%). De estos 313 poliploides, 31 fueron tetraploides, 270 fueron mixoploides y 12 eran diploides. Seis plantas tetraploides fueron seleccionadas por características sobresalientes del sistema radicular. Este estudio demuestra la utilización con éxito de la colchicina para crear nuevas mutaciones del tamaño de raíz.

El mejor resultado en términos de la producción de plántulas tetraploides de *Paulownia tomentosa*, se obtuvo con colchicina al 0.05%, por 48 h (Tang *et al.*, 2010), concentración con la cual lograron más de 100 plántulas tetraploides. Las plántulas tetraploides y diploides difieren significativamente en la forma de la hoja, los estomas fueron más grandes en plantas tetraploides que las plantas diploides, y la frecuencia de estomas se redujo con el aumento del nivel de ploidía. Los tetraploides tuvieron órganos florales más grandes que fueron fácilmente distinguibles de las plantas diploides, además mencionan que la poliploidización es una tendencia importante en la evolución de las plantas que tiene muchas ventajas sobre los diploides.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización Geográfica del Sitio Experimental

La presente investigación se realizó en el Campo Agrícola Experimental del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, situado geográficamente a 25° 22' 44" latitud Norte, 101° 02' 33" longitud Oeste y una altitud de 1743 msnm, con una pendiente menor al 2 por ciento, donde la textura del suelo varía de migajón arenoso a migajón arcilloso, con bajos contenidos de materia orgánica y poseen una capa subyacente de carbonato de calcio, duro y continuo denominado petrocálcico (Benavides, 2004).

Y las temperaturas alcanzan hasta 39°C, en los meses de Junio, Julio y Agosto siendo los más cálidos; mientras que en Diciembre y Enero, se alcanzan temperaturas hasta de -13°C siendo las bajas, presentándose heladas regulares en el periodo de Noviembre a Marzo.

La precipitación media anual es de 350 a 450 mm, donde los meses Julio, Agosto y Septiembre son los más lluviosos; en la época de invierno, las lluvias se presentan de forma moderada; que por lo general el clima es muy seco, semicálido, con invierno fresco, extremoso, con lluvias de verano y precipitación invernal igual al 10% del total anual; con un fotoperiodo en promedio anual de 11.99 horas (Soto, 1997).

Material Biológico

Se evaluaron veinte poblaciones autotetraploides de medios hermanos de *Physalis ixocarpa*, cinco poblaciones fueron diploides mejoradas, cinco criollos y diez híbridos triploides, estos últimos fueron generados por un cruzamiento de

diploides por tetraploides, mediante la utilización de colchicina y proporcionados por el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, donde sus genealogía de cada material se describe en el Cuadro 3.1 siguiente:

Cuadro 3.1 Poblaciones estudiadas en el presente trabajo de investigación en tomate de cascara, en Saltillo, Coahuila.

| Progenitores Diploides | | | Progenitores Autotetraploides* | | Cruzas Triploides* | |
|-------------------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Clave o identificación del material | Tipo de Población | Origen | Clave o identificación del material | Tipo de Población | Clave o ident. del material | Clave o ident. del material |
| 1 | Criollo, Felipe Ángeles | Acatzingo, Puebla | 2 | UAN-II-113 | 2X1 | 11x21 |
| 13 | Gran Esmeralda | Empresa Harris Moran | 5 | UAN-III-16 | 2X13 | 16X21 |
| 18 | Morado Tamazula | Arandas, Jalisco | 11 | UAN-III-7 | 5X13 | 20X1 |
| 19 | Rendidora | Zacatepec, Morelos | 16 | UAN-II-107 | 5X19 | 20X13 |
| 21 | Criollo, Palmarito | Quechola, Puebla | 20 | UAN-II-16 | 11X18 | 20X19 |

*Materiales genéticos originarios del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Metodología

Para la producción de plantas, se inició con la siembra de semilla de cada material, en charolas de 200 cavidades lavadas y desinfectadas (detergente), utilizando una mezcla de sustratos peat moss y vermiculita (1:1), colocando de 2-3 semillas por cavidad de cada uno de los materiales genéticos de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) por charola o media charola. Al término de la siembra, las charolas se llevaron a invernadero a una temperatura de 25 °C y una humedad relativa 65 %, para promover una eficiente germinación. Para la

realización del riego, se implemento una cavidad en el suelo recubierta de plástico conteniendo una lámina de agua de aproximadamente 3 cm, donde cada charola era sumergida por un tiempo de 5 minutos, haciendo los riegos diariamente. Cuando la planta alcanzó una altura de aproximadamente 10 cm se dejó de regar durante 3 días para estresar a las plantas y finalmente realizar el trasplante a campo.

Construcción de Camas y Manejo en Campo

Los Materiales Utilizados para la Construcción de camas y Manejo del Cultivo de Tomate de Cáscara fueron los siguientes: palas, azadones, bomba aspersora, cintillas, picos, bomba de mochila, acolchados plásticos y un contenedor (Cap. 250 L de agua).

A) Preparación del Terreno y Construcción de Camas

Para la preparación del terreno fue necesario realizar un barbecho para incorporar los residuos de cultivos anteriores, un paso de rastra para desmoronar el terreno y finalmente el surcado, implementando 12 camas en total, cada una tuvo una altura de 0.3 m, una longitud de 5 m, con una distancia entre surcos de 1.2 m.

B) Establecimiento del Sistema de Riego

Se utilizó un sistema de riego por goteo a través de cintillas, se estableció el sistema de tuberías, los cuales estuvieron conectados en una cisterna de 30,000 litros que se encuentra ubicada a 20 metros del área de cultivo. A las líneas de conducción de agua se introdujeron conectores y a éstos se les instalo la cinta de riego con un gasto de un litro por hora.

C) Fertilización de las Camas

Para la fertilización del suelo se incorporó un kilogramo de humus en cada cama, dentro de una zanja, las cuales se taparon deslizándole una tabla lineal de madera, para facilitar el tapado del fertilizante de humus.

D) Acolchado de Camas

Después de la colocación de la cinta de riego se instaló el acolchado plástico, utilizando un polietileno de color negro (polietileno color negro con 30 micrones de espesor), finalmente se taparon las orillas del plástico, para evitar movimiento de éste por efectos del aire.

E) Trasplante

Antes del trasplante de plantas, se aplicó un riego pesado durante 5 horas a cada cama, debido a que el Cultivo de Tomate de Cáscara es muy exigente respecto a humedad, trasplantando a los 30 días después de la siembra entre 2 y 3 plantas por cavidad en hilera simple por surco, con ayuda de una estaca de madera, teniendo una distancia entre cavidad de 30 cm.

F) Control de Malezas

El control de malezas se realizó de forma manual cada vez que fue necesario durante el ciclo vegetativo del cultivo, con esto se evitó la competencia por nutrientes con las malezas y que éstas fueran el hospedero de plagas y enfermedades.

G) Fertilización del Cultivo de Tomate de Cáscara

El 31 de Marzo del 2011 se aplicó fertilizante foliar a las 8 charolas de plántulas de tomate de cáscara en el invernadero de producción de plántulas. La segunda aplicación (Fertirriego) fue un mes después del trasplante a campo a una dosis de 250 g de Fosfato mono amónico (12-61-0), 500 g de Nitrato de potasio (13-2-44) y 500 g de Nitrato de amonio (33-0-0-25). Además 100 g de enraizador (magic root); y las siguientes aplicaciones de fertirriego se realizaron cada semana a una dosis de 750 g de Fosfato de amonio, un kilogramo de Nitrato de potasio y un kilogramo de Nitrato de amonio. Así mismo se aplicó una fertilización foliar de Magnesio a una dosis de 2 mL/L de agua y posteriormente se aplicó Hierro a una dosis de 20 mL/15 L de agua.

H) Control de Plagas y Enfermedades

Se aplicó insecticida-acaricida (Danapyr 40 CE) para combatir principalmente trips, mosquita blanca y pulgones a una dosis de 20 mL/20 L de agua, después se realizaron 2 aplicaciones de insecticidas (imidacloprid) para controlar el gusano del fruto a una dosis de 0.5 mL/L de agua, ya que fue una de las plagas que más afectó al cultivo.

A los 60 días después del trasplante, se procedió a evaluar de tres plantas por repetición tomadas al azar de cada material genético en las variables morfológicas de la planta: Ancho de Hoja (AH) y Largo de Hoja (LH), Altura de Planta (AP), Diámetro de Flores (DF), las cuales fueron medidas con ayuda de una cinta métrica y; la variable Diámetro de Tallo (DT) se midió con un vernier digital de precisión marca AutoTEC. Los promedios de cada una de estas variables nos ayudaron a caracterizar a las poblaciones los materiales genéticos e identificar sus cambios morfológicos inducidos por la poliploidización. Una vez realizado el estudio morfológico de las plantas en campo, se cortaron tres hojas por cada una de ellas y fueron llevadas al Laboratorio de Citogenética ubicado en

el Departamento de Fitomejoramiento de la misma Universidad para la evaluación de la densidad e índice de estomas mediante la Densidad Estomática Adaxial (DEAd), Densidad Estomática Abaxial (DEAb), Índice Estomático Adaxial (IEAd) e Índice Estomático Abaxial (IEAb).

Variables Agronómicas Evaluadas

Ancho de Hoja (AH)

Se consideró de la parte media de la hoja (cm).

Largo de Hoja (LH)

Evaluando desde la base al ápice de la hoja (cm).

Altura de Planta (AP)

Se midió de la base de la planta hasta la última hoja bien desarrollada en el ápice (cm).

Diámetro de Tallo (DT)

Considerando después del primer racimo de flores (cm).

Diámetro de Flores (DF)

Se midieron las flores bien desarrolladas a la misma altura del racimo (cm).

Densidad e Índice de Estomas

Los materiales utilizados para estas variables fueron una solución de poliestireno-xilol, un pincel, cinta adhesiva, portaobjetos, Microscopio compuesto marca Carl Zeiss.

A los 60 días aproximadamente después del trasplante se determinó la DEAd y DEAb se realizó mediante el conteo de números de estomas. Además el

IEAd e IEAb a través del número de células tabloides, se utilizaron hojas totalmente desarrolladas ya que éstas son la fuente más conveniente para estas variables.

Las hojas se cortaron a la misma altura de cada planta y totalmente expandidas con la misma orientación, las impresiones epidérmicas se obtuvieron del haz (adaxiales) y del envés (abaxiales) de la parte media, inmediatamente después de cortalas (figura 3.1).

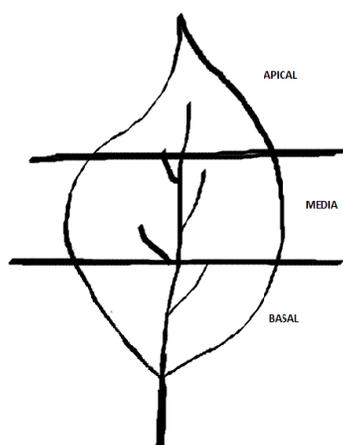


Figura 3.1 hoja de tomate

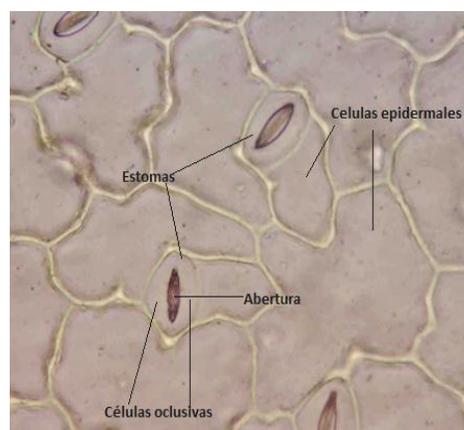


Figura 3.2 Estomas y células tabloides.

Para obtener las impresiones epidérmicas se aplicó poliestireno-xilol en forma líquida sobre la superficie foliar con un pincel. Ésta fué removida con un trozo de cinta adhesiva transparente, la cual se colocó sobre un portaobjetos. Cada impresión se observaron en un microscopio compuesto marca Carl Zeiss; dos campos al azar a 40X, de acuerdo con la técnica utilizada por Wilkinson (1979).

La densidad estomática (Número de estomas x mm²) se obtuvo de la siguiente forma:

$$\text{Diámetro del campo visual} = \frac{\text{Diámetro del ocular} \div \text{el aumento del microscopio}}{(0.45)} \quad \frac{(18)}{(40x)}$$

$$\text{Diámetro del campo visual} = 0.45$$

$$\text{Radio} = 0.225$$

$$r^2 = 0.0506$$

$$\text{Área del campo} = \pi \times r^2$$

$$\text{Área del campo} = 3.1416 \times 0.0506 = 0.1589 \text{ mm}^2$$

$$\text{Densidad Estomática} = \frac{\text{Numero de estomas} \times 1 \text{mm}^2}{\text{Área del campo visual } 0.159 \text{mm}^2}$$

El índice Estomático representa el cociente entre el número de Estomas y la cantidad de Células epidérmicas

Para obtener el índice estomático se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{IE} = \text{N}^\circ \text{ de estomas} \times 100 / \text{células epidérmicas} + \text{N}^\circ \text{ de estomas.}$$

$$\text{Índice Estomático} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de Estomas} \times 100}{\text{Células Epidérmicas} + \text{N}^\circ \text{ de estomas}}$$

Diseño Experimental

Los materiales genéticos fueron distribuidos bajo el diseño experimental de bloques completos al azar, con 5 repeticiones.

Análisis Estadísticos

Los datos obtenidos fueron promediados y procesados estadísticamente mediante un análisis de varianza simple, para detectar las significancia de los tratamientos de las variables agronómicas estudiadas. La comparación de medias se realizó de acuerdo a la prueba de Tukey ($P < 0.05$) con el paquete estadístico SAS versión 9.0 (Statistical Analysis System).

Se aplicó análisis de varianza simple para todas las variables con el siguiente modelo estadístico:

$$X_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$$

Para:

$i = 1, 2, \dots, t$ (genotipos)

$j = 1, 2, 3, 4, 5$ (repeticiones)

e_{ij} = efecto del error experimental

Donde:

X_{ij} = valor observado del i -ésimo genotipo en la j -ésima repetición.

m = media general

t_i = efecto del i -ésimo tratamiento

b_j = efecto de la j -ésima repetición

$e_{ij} \sim NI(0, s^2)$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis Morfológicos

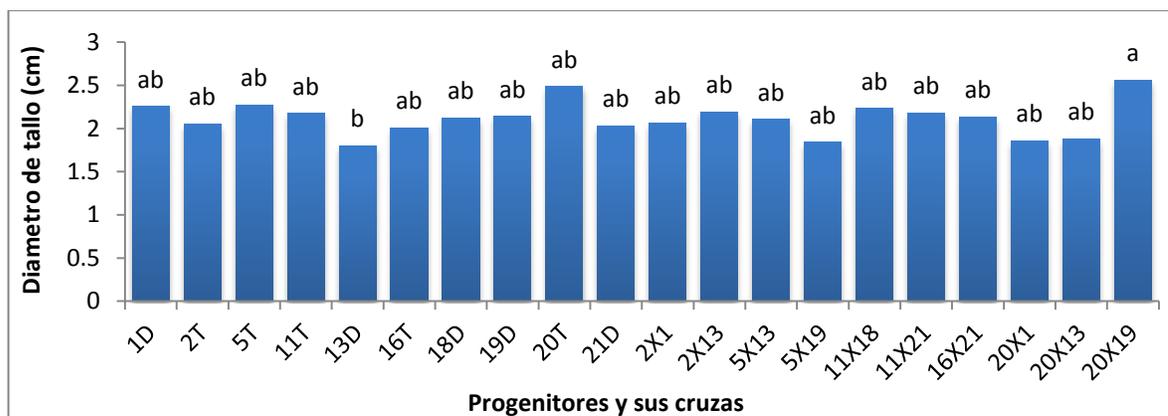
El análisis de varianza aplicado a cinco características morfológicas en poblaciones diploides, triploides y tetraploides de tomate de cáscara, exhibieron diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0.01$) para AH, LH y DF. Diferencias significativas ($P < 0.05$) para DT, sin embargo, para AP no se encontraron diferencias significativas. Esto se debe posiblemente a que el aumento en el nivel de ploidía incrementó el desarrollo y vigor de las plantas de tomatillo, además cabe mencionar que se alargó su ciclo de vida lo que terminó por dar lugar a plantas más altas, sin embargo el muestreo para el estudio de ésta variable fue en una etapa temprana cuando no se había logrado la altura final de planta (Robledo *et al.*, 2011) (Cuadro 4.2).

4.2 Cuadrados medios y valores de F, obtenidos del análisis de varianza aplicados en poblaciones diploides, triploides y tetraploides en *Physalis ixocarpa*.

| Fuente de variación | Grados de Libertad | Cuadrados Medios y Valores de F | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------------|---------------------------------|-------|-------|--------|------|--------|-------|--------|------|--------|
| | | DT | F | AP | F | AH | F | LH | F | DF | F |
| Rep. | 4 | 0.28 | 2.76* | 96.11 | 0.29ns | 0.62 | 1.35ns | 0.77 | 1.26ns | 0.07 | 1.30ns |
| Trat. | 19 | 0.19 | 1.87* | 21.19 | 1.32ns | 1.54 | 3.37** | 1.56 | 2.55** | 0.18 | 3.34** |
| Error | | 0.10 | | 72.62 | | 0.46 | | 0.61 | | 0.05 | |
| CV (%) | | 15.08 | | 19.64 | | 14.3 | | 12.25 | | 9.11 | |

DT=Diámetro de tallo; AP=Altura de planta; AH=Ancho de hoja; LH=Largo de hoja; DF=Diámetro de flores; CV=Coeficiente de variación; * = significativo al 0.05; **= Significativo al 0.01.

De acuerdo a la comparación de medias entre poblaciones progenitoras diploides y tetraploides y las cruzas de éstas poblaciones, respecto a la variable DT, se encontró que la población diploide 13 presentó el menor diámetro de tallo y fue estadísticamente diferente ($P \leq 0.05$) a la cruz 20 x19, que fue la que presentó el mayor diámetro de tallo, el diámetro observado en el híbrido 20 x19 superó en 42 % el valor observado en la población 13 (Figura 4.3), además esta cruza fué estadísticamente igual a los progenitores tetraploides 20, 2, 5, 11 y 16 y a los diploides 19, 18, 21 y 1. Esto se debe a que posiblemente los datos se tomaron a una etapa temprana del desarrollo vegetativo, en los cuales los tallos no presentaron su diámetro final. Molero y Matos (2008) observaron que la duplicación cromosómica en las células poliploides de Aloe vera causa un incremento en la altura de las plantas y en la longitud, diámetro, espesor y volumen foliar con respecto a las plantas diploides y quimeras.



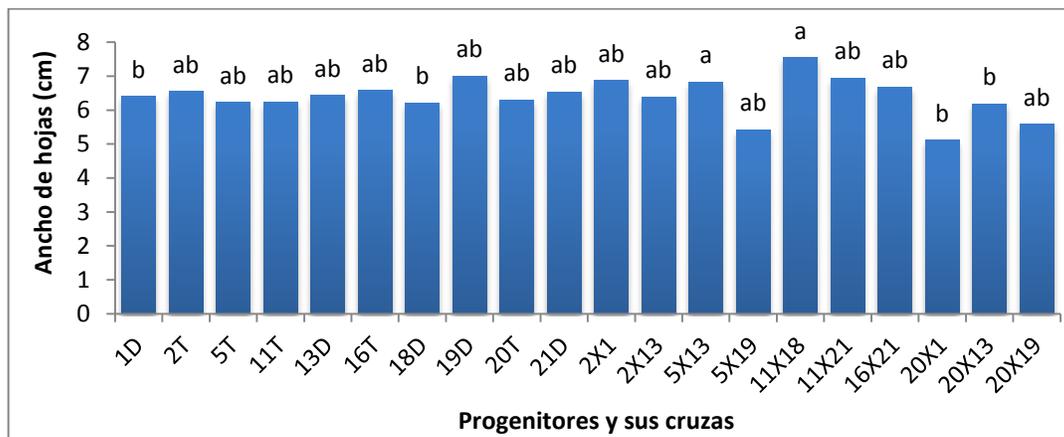
4.3 Comparación de medias de diámetro de tallo en progenitores y cruzas en tomate de cascara, estudiados en Saltillo, Coahuila. *Letras diferentes indican diferencias significativas a nivel ($P \leq 0.05$).

En la variable AP no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, el mayor valor fue de 49.93 cm y correspondió al híbrido 2X13, mientras que el valor más bajo fue 35.33 cm mostrado por la población diploide 13, el cual fue superado en 41% por el híbrido antes indicado, la falta de

diferencias significativas entre genotipos en AP, es debido a que el muestreo para ésta variable fue en una etapa temprana del desarrollo del cultivo, ya que normalmente el crecimiento final de los tetraploides normalmente es mayor como lo indica Molero y Matos (2008) quienes encontraron que la duplicación cromosómica en *Aloe vera* causó un incremento en la altura de las plantas, en la longitud, ancho, espesor y volumen foliar con respecto a las plantas diploides. Por otro lado Gantait *et al.* (2011) encontraron que los tetraploides de gerbera mostraron un crecimiento lento, pero tuvieron mayor vigor, hojas anchas y engrosadas, además desarrollaron flores más grandes, tallos más largos, y mejoraron la vida de florero.

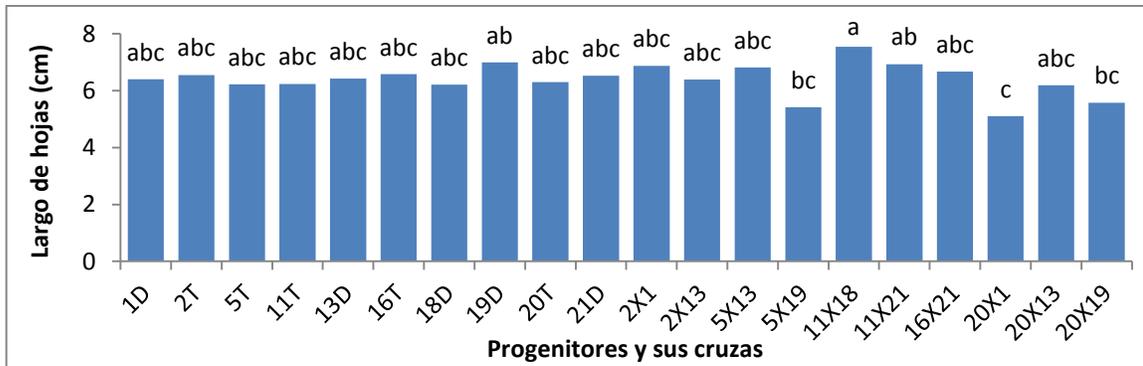
En la variable AH los tratamientos que mostraron hojas más anchas estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) fueron los híbridos 5x13 y 11x18, estos fueron estadísticamente iguales a los tetraploides 2, 5, 11, 16, 20 y diploides 13,19, 21, a los híbridos 2x1, 2x13, 5x19, 11x21, 16x21 y 20x19. Mientras que fueron estadísticamente diferentes a los diploides 1,18 y a los híbridos 20x1 y 20x13 que mostraron hojas más delgadas, ésta variable es importante ya que el área foliar está estrechamente relacionada con la actividad fotosintética y el proceso respiratorio, procesos importantes en el metabolismo vegetal y además están relacionados con el rendimiento de fruto. Según lo reportado por Fogg (1967) en híbridos de tomate, la cantidad de fotosíntesis que una planta realiza depende de la superficie de la hoja, de los órganos fotosintéticos que posea y de la actividad fotosintética por unidad de área de estos tejidos y de la duración de este proceso. Además estudios realizados en un cultivo de híbridos de tomate, Hunt (1982), encontró que un mayor aprovechamiento de la radiación solar por parte del follaje se manifiesta en un mayor crecimiento general de las plantas, mayor acumulación de materia seca y mayor rendimiento total. El área foliar es una variable importante debido a que se relaciona directamente con la actividad fotosintética y ésta con la acumulación de reservas (Poehlman y Allen, 2005). Además Gantait *et al.* (2011) encontraron que los tetraploides de gerbera mostraron un crecimiento lento, pero tuvieron mayor vigor, hojas anchas y

engrosadas, además desarrollaron flores más grandes, tallos más largos, y mejoraron la vida de florero. Por su parte Imery y Cequea (2001) encontraron que los genotipos tetraploides de *Aloe vera* producían mayor acumulación de biomasa foliar, debido especialmente al incremento en el ancho y espesor de sus hojas.



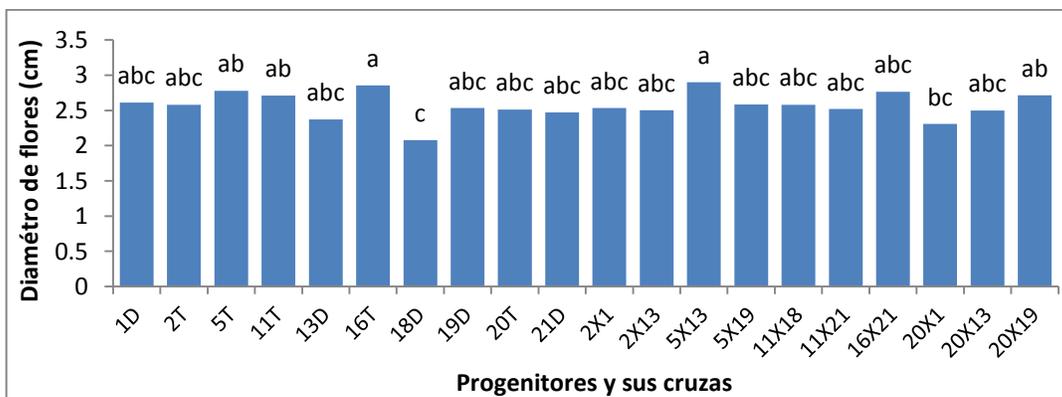
4.4 Valores medios del ancho de hojas de progenitores y cruzas de tomate de cáscara, estudiado en Saltillo, Coahuila. *Letras diferentes indican diferencias significativas a nivel ($P \leq 0.05$).

El LH que junto con el ancho de hoja determinan el área foliar presentó diferencias significativas entre genotipos donde el híbrido 11x18 mostró la mayor longitud de hojas, mientras que el híbrido 20x1 obtuvo hojas más chicas en comparación al tratamiento antes mencionado. Sin embargo los diploides (1, 13, 18, 19, 21), tetraploides (2, 5, 11, 16, 20) y los híbridos triploides (2x1, 2x13, 5x13, 5x19, 11x21, 16x21, 20x13 y 20x19) mostraron resultados estadísticamente iguales ($P > 0.05$). Estos resultados se deben probablemente porque las hojas se midieron en etapas tempranas, cuando aún no alcanzaban su crecimiento final. Por otro lado Barraza *et al.* (2004) al realizar estudios sobre el área foliar en un cultivo de híbridos de tomate encontró que el área foliar depende del número de hojas, de su velocidad de crecimiento y de su tamaño final.



4.5 Valores medios del largo de hojas de progenitores y cruzas de tomate de cáscara, estudiado en Saltillo, Coahuila. *Letras diferentes indican diferencias significativas a nivel ($P \leq 0.05$).

El diámetro de flor es una variable que se modifica con el incremento en el nivel de ploidía, lo cual se muestra en la figura 6, donde se observa que el genotipo 16 presentó un valor de 2.86 que fue estadísticamente igual al híbrido 5 x 13 que presentó un valor de 2.9 cm ($P \leq 0.05$), pero éstos fueron estadísticamente diferentes del diploide 18 y del híbrido 20 x 1, que fueron los que presentaron los menores diámetros, ésta variable es importante debido a que se indica que el tamaño de la flor está relacionado con el tamaño del fruto.



4.6 Valores medios del diámetro de flor de progenitores y cruzas de tomate de cáscara, estudiado en Saltillo, Coahuila. *Letras diferentes indican diferencias significativas a nivel ($P \leq 0.05$).

Densidad Estomática e Índice Estomático

El análisis de varianza aplicado en densidad estomática e índice estomático en tomate de cáscara diploides, tetraploides y triploides, exhibió diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0.01$) para DEAd, DEAb e IEAb, sin embargo, para IEAd no se encontraron diferencias significativas, (ver Cuadro 4.3) Valerio *et al.* (2002) observaron que los más bajos niveles de ploidía, presentaban densidades estomáticas más altas y además estomas reducidos.

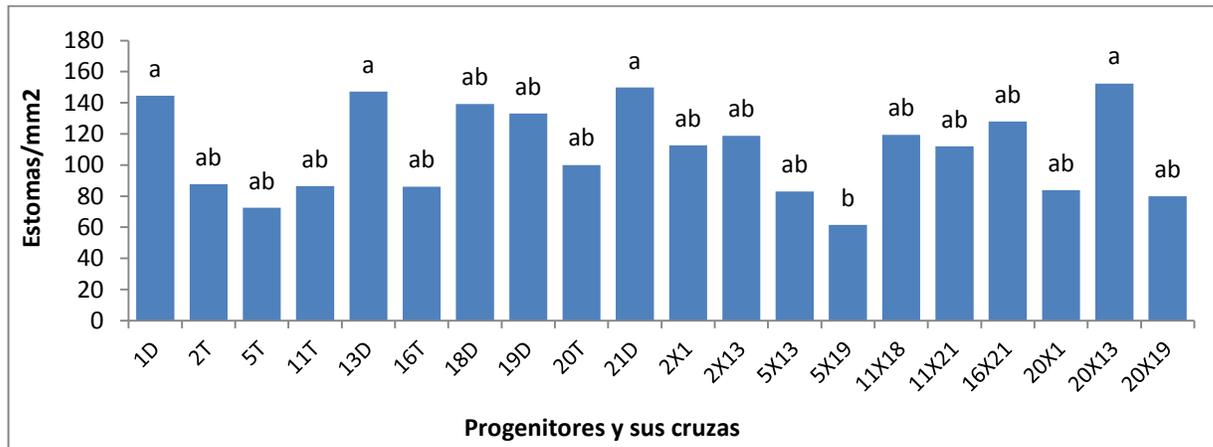
4.3 Cuadrados medios y valores de F obtenidos del análisis de varianza aplicados a densidad e índice estomático en poblaciones diploides, tetraploides y triploides de *Physalis ixocarpa*.

| Fuente de variación | Grados de Libertad | Cuadrados medios y valores de F | | | | | | | |
|---------------------|--------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | | DEAd | F | DEAb | F | IEAd | F | IEAb | F |
| Rep. | 4 | 2.870 | 1.13ns | 1.223 | 0.41ns | 0.274 | 1.66ns | 0.141 | 1.53ns |
| Trat. | 19 | 9.255 | 3.65** | 18.587 | 6.25** | 0.232 | 1.40ns | 0.359 | 3.88** |
| Error | | 2.538 | | 2.973 | | 0.165 | | 0.092 | |
| CV (%) | | 15.467 | | 11.538 | | 10.3 | | 6.054 | |

DEAb= Densidad estomática abaxial; IEAb= Índice estomático abaxial; DEAd= Densidad estomática adaxial; IEAd=Índice estomático adaxial; CV=Coeficiente de variación. ** =Diferencias significativas (0.01), ns= No significativas.

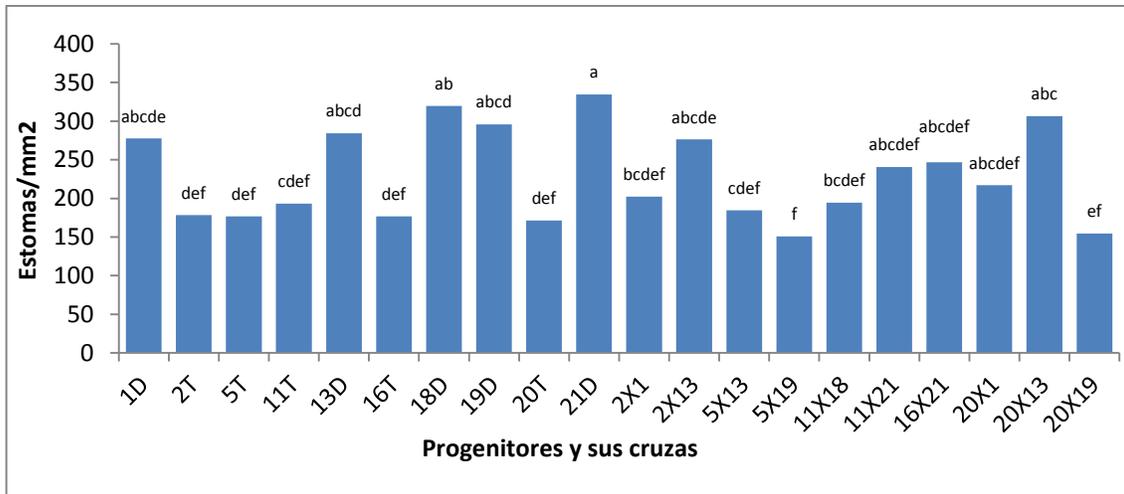
Los resultados de la comparación de medias de la densidad de estomas entre poblaciones diploides, triploides y tetraploides de tomatillos muestran que los diploides 1,13 y 21 y el triploide 20x13 fueron los que mostraron los valores más altos (Figura 7 y 9), aunque fueron estadísticamente iguales al resto de los tratamientos excepto al híbrido 5x19 que fue el que presentó el valor más bajo y fue estadísticamente diferente de los cuatro genotipos antes indicados ($P \leq 0.05$). Borges (1971) señala que la densidad estomática en la superficie de las hojas es inversamente proporcional al nivel de ploidía, por lo que a niveles más altos la densidad estomática se reduce así como la transpiración, por lo tanto los

poliploides toleran mejor los ambientes más secos que los diploides. Aunque Wilkinson (1979), indica que la densidad estomática es una característica de diagnóstico muy utilizada en sistemática de plantas, dado que generalmente se mantiene sin alteraciones.

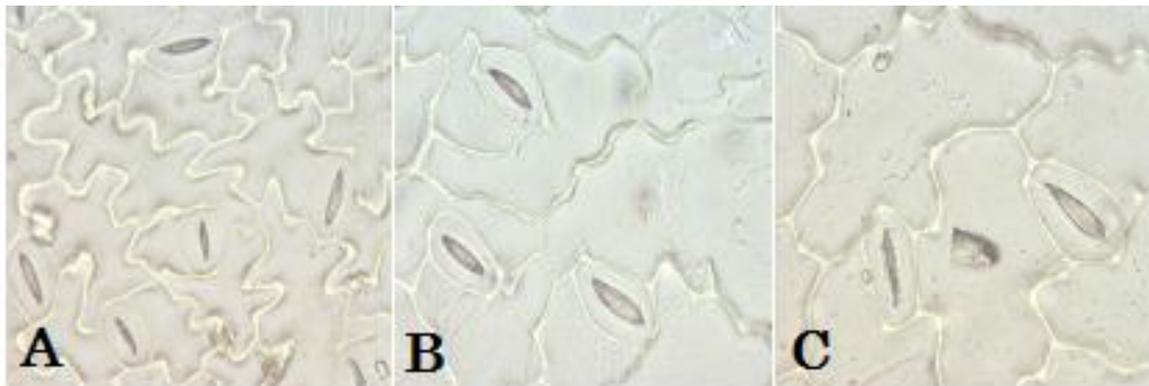


4.7 Valores medios densidad estomática adaxial (DEAd) de progenitores y cruzas de tomate de cáscara, estudiado en Saltillo, Coahuila. *Letras diferentes indican diferencias significativas a nivel ($P \leq 0.05$).

La comparación de medias para la densidad estomática abaxial en poblaciones diploides, triploides y tetraploides muestra diferencias estadísticas significativas entre poblaciones ($P \leq 0.05$), aunque el diploide 21 fue el que presentó el mayor número de estomas por mm^2 (Figura 4.8 y 4.9), ésta población presentó valores estadísticamente iguales a 4 poblaciones diploides, cinco poblaciones triploides, la población híbrida 5 x 19 presentó el valor más bajo y fue estadísticamente igual a siete poblaciones híbridas y cinco poblaciones tetraploides de tomatillo. Lo observado muestra que los tetraploides tienen menor densidad estomática que los diploides y los triploides tienen un valor intermedio entre los diploides y tetraploides.



4.8 Valores medios densidad estomática abaxial (DEAb) de progenitores y cruzas de tomate de cáscara, estudiado en Saltillo, Coahuila. *Letras diferentes indican diferencias significativas a nivel ($P \leq 0.05$).

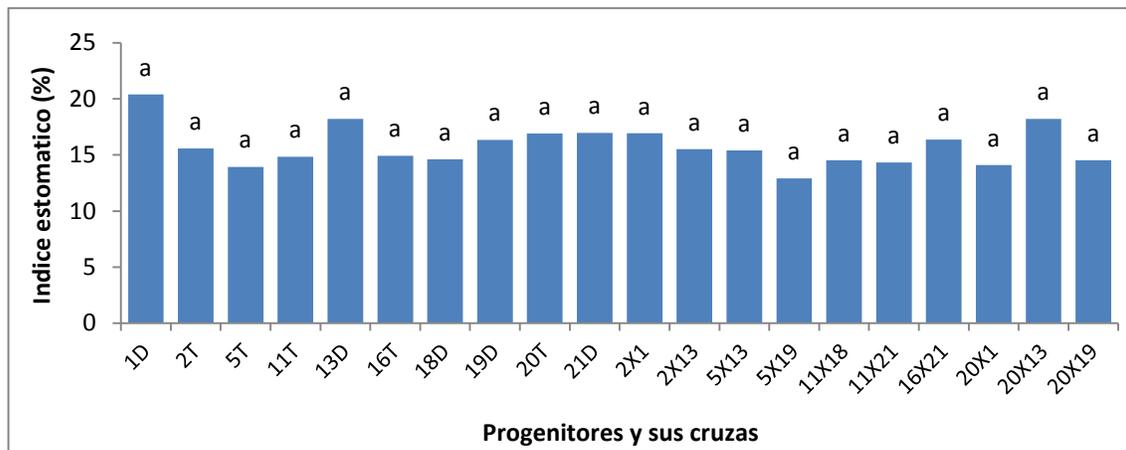


4.9 Impresiones de la epidermis de hojas de tomate de cáscara; Distribución de los estomas, de diploide (A), triploides (B) y tetraploides (C) 40X

La comparación de medias en poblaciones diploides, triploides y tetraploides de tomatillo (Figura 4.10) no mostró diferencias estadísticas significativas ($P \geq 0.05$) para índice estomático adaxial. El diploide 1 fue el que presentó el mayor porcentaje de células tabloides, mientras que el híbrido 5x19 presentó el valor más bajo en comparación de los diploides y tetraploides de tomatillo, aunque no se encontraron diferencias entre las poblaciones estudiadas. Por otro lado, Bethke y Drew, (1992); Cañizares *et al.*, (2003) mencionan que la densidad estomática e

índice estomático son afectados por condiciones estresantes, tanto ambientales como nutricionales, y además dependen de la superficie de la hoja y de la especie.

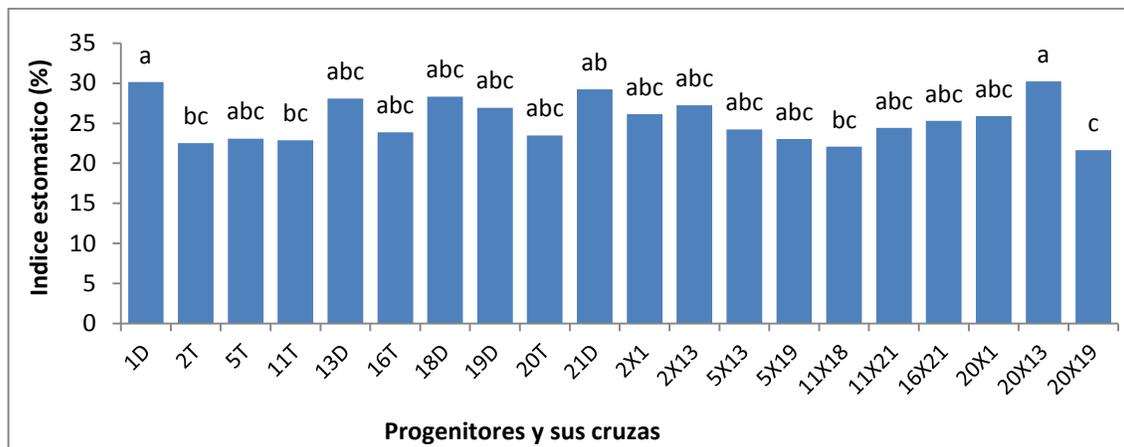
La comparación de medias en la variable índice estomático abaxial en hojas de tomatillo en poblaciones de diploides, triploides y tetraploides mostraron valores estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$), resultando los tratamientos 1 y 20x13 los que mostraron el mayor porcentaje de células tabloides, aunque fueron estadísticamente iguales a los diploides 13, 18, 19 y 21 y a los tetraploides 5, 16 y 20 y triploides 2x1, 2x13, 5x13, 5x19, 11x21, 16x21 y 20 x1. El híbrido 20x19 fue el que presentó el valor más bajo pero fue estadísticamente igual a 16 genotipos mas (Figura 4.11). En este caso los mayores valores de IE tanto de diploides, triploides como tetraploides coincidieron con los mayores valores de DE, observados por Sanabria (2003).



4.10 Valores medios del índice estomático adaxial (IEAd) de progenitores y cruzas de tomate de cáscara, estudiado en Saltillo, Coahuila. *Letras diferentes indican diferencias significativas a nivel ($P \leq 0.05$).

Aryavand *et al.*, (2003); Rego *et al.*, (2011) mencionan que la longitud de células guardadas de los estomas, siempre es un método conveniente y confiable para la clasificación de plantas haploides, diploides y tetraploides, por lo tanto y

de acuerdo con los resultados del número de estomas por unidad de área, fue posible separar los diploides, triploides y tetraploides en tres grupos diferentes.



4.11 Valores medios del índice estomático abaxial (IEAb) de progenitores y cruzas de tomate de cáscara, estudiado en Saltillo, Coahuila. *Letras diferentes indican diferencias significativas a nivel ($P \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos, hipótesis y resultados se concluye que:

- Las poblaciones tetraploides desarrollan tejidos más vigorosos que las poblaciones diploides y triploides de tomatillo.
- Se encontró que conforme se incremento el nivel de ploidía se redujo la densidad estomática y el índice estomático, características importantes en procesos de fotosíntesis, transpiración y respiración.
- Es importante continuar con el presente trabajo a fin de estudiar los cambios que ocurren con el incremento en el nivel de ploidía.

LITERATURA CITADA

- Abadie, T.; Berretta, A. s.f. Caracterización y Evaluación de Recursos Filogenéticos.
- Adams, M., W. 1982. Plant architecture and yield breeding. *Lowa State Journals of research*. 56 (3):225-254.
- Aryavand, A., Ehdaie, B., Tran, B., Waines, J., G. 2003. Stomatal frequency and size differentiate ploidy levels in *Aegilops neglecta*. *Genetic Resources and Crop Evolution* 50: 175-182.
- Aung, L., H. 1976. Influences of certain plant factor son the growth and fruiting of the lower axillary shoot of tomatoes *Ann. Bot.* 40:743-729.
- Barraza, F., V.; Fischer, G.; Cardona C., E. 2004. Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate (*L. esculentum* Mill.) en el Valle del Sinú medio, Colombia. *Agronomía Colombiana*. 22(1):81-90.
- Barrientos, P., F., and Sanchez, C., R. 1983. Height variability obtained from a new dwarf avocado tree population. *Acta Horticulture*. 140: 163-168.
- Barrientos, P., A., F., y Sánchez., C., R. 1987. Stomatal density and its relationship to growth habit in avocado. *South African Avocado Grower, Association York*. 10: 66-67.
- Bazaldúa, M., C.; Ventura, E., Z.; Salcedo, M., E.; Maldonado, U., A.; López, G., A. 2008. Densidad estomatal y potencial hídrico en plantas de tomate (*Physalis ixocarpa* Brot.), propagadas por cultivo de meristemas. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 14(2): 147-150.
- Brauer, O., P. 1980. *Fitogenética Aplicada*. Editorial Limusa. México. 301pp.

- Benavides, M., A.2004.Efecto de la cáscara de cacao en la obtención de espumas pulieretano para uso hortícola, propiedades físicas y de biodegradabilidad.Revista de la sociedad química de México.Vol.2 No.48:156-164.
- Bethke, P., C.; Drew M. 1992. Stomatal and nonstomatal competens to inhibition of photosynthesis in leaves of *Capsicum annuum* during progressive exposure to NaCl salinity. *Plant Physiology* 99: 219-226.
- Bidwell, R., G.1979.Fisiología vegetal.AGT Editor, S.A.México, D.F.409-438 pp.
- Borges, O., L. 1971. Tamaño y densidad de estomas en clones cultivados y especies silvestres de Musa. *Agronomía Tropical* 21(2): 139 - 143.
- Cañizares, A.; Sanabria, M., E.; Rodríguez, D., A.; Perozo, Y. 2003. Características de los estomas, índice y densidad estomática de las hojas de lima Tahití (*Citruslatifolia Tanaka*) injertada sobre ocho patrones cítricos. *Revista Científica UDO Agrícola* 3 (1): 59-64.
- Calvert, A., W. 1973. Environmental responses. In: Kingham, H. G. (Ed). *The U.K. tomato manual*. Grower books, London: 23-24.
- Costa, M., A.; Mendes, M., J., and Mourao, F., A.2003.Somatic hybridization for improvement of citrus rootstock: production of five combinations with potential for improvement disease resistance. *Australian Journals of experimental agriculture*.43:1151-1156.
- Darlington, C., O. y Wylie, A., R.1995.Chromosome Atlas of flowering plants. George Allen y unwin Ltd., London, p.325-326.
- Del Monte, J., P. 1998. Presencia, distribución y origen de *Physalis philadelphica* Lam. En la zona centro de la Península Ibérica. *Candollea*, 43(1):93-100

- Enríquez, G., D.1991. Descripción y evaluación de los recursos genéticos. In Técnicas para el manejo y uso de recursos genéticos vegetales. Castillo, R.; Tapia, C. eds. Editorial Porvenir. Quito, Ecuador. p. 16-160.
- Falconer, D., G. 1981. Introduction to quantitative genetics. Longman, New York. 340 p.
- Fanjul, L., V.1985.Stomatal behaviour of two heliophile understory species of a tropical deciduos forest in Mexico. Journal of Applied Ecctlogy, 22, 943-954.
- Franks, J., P. and Farquhar D., G.2007.The mechanical of stomata and its significance in gas exchance control. Plant physiology.vol.143 (1):78-87.
- Fehér, T., L.1993. Watermelon, *Citullus lanatus* (Thunb.) Matsum Nakai. In: Genetic Improvement of Vegetable Crops. Edited by G. Kalloo and B. U. Bergh, Pergamon Press, pp 295-311.
- Fernández, R., B.1970.Identification de una especie de *Physalis* souspontané Portugal. Bol. Soc. Brot. 44. 343-367.
- Fernández, O., V. Y Garza, L., J.1982.Apuntes de la cátedra de hortalizas. Universidad Autónoma de Chapingo.Inedito Chapingo, México.pag. 5.
- Fogg, G.E. 1967. El crecimiento de las plantas. Editorial Universitaria de Buenos Aires (EUDEBA). 327p.
- FUPPUE.2004.Cadenas Agroalimentarias el papel estratégico de la tecnología y su prospectiva en el estado de Puebla.
- Gantait S, Mandal N, Bhattacharyya S, Das PK. 2011. Induction and identification of tetraploids using in vitro colchicine treatment of *Gerbera jamesonii* *Bolus* cv. Sciella. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 106 (3):485-493.

- Gil, M., F.; Rodríguez, R., E.; Jasso, C., D. y Zermeño, A., A. 2006. Resistencia estomática, transpiración y potencial hídrico en sábila con diferentes condiciones ambientales. *Terra Latinoamericana*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. Vol. 24, Núm. 3, pp. 355.
- González, A., F. 2001. Caracterización morfológica. In: Conservación y caracterización de recursos fitogenéticos González–Andrés, f.; pita-villamil, J. M. (Eds). Publicaciones I. N. E. A. Valladolid, España. 279 p.
- Gómez, A., J. 1990. Respuesta al riego de las especies hortícolas: Albaricoque, tomate y chile. *Hortalizas*. 30: 106-113.
- Grosser, J., W. and Gimtter, F., G. 2005. SIVB Congress Symposium Proceedings “Thinking outside the cell” applications of somatic Hybridization and Cibrydization in crop imprevetment, with citrus as a model. *In vitro cell Dev. Biol. Plant* 41:220-225.
- Grosser, J., W. and Olivares, F.O. 2000. Somatic hybridization in citrus: an effective tool to facilitate variety improvement. *In Vitro Cell Dev. Biol.* 36: 434–449.
- Harper, L., A.; Pallas, J., E. y Bruce, R., R. 1979. Greenhouse microclimate for tomatoes in the southeast. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104:659-663.
- Hawkes, J., G. 1972. *Physalis*. In: Tutin et *al.* (Eds.). *Flora Europea*. Cambridge University Press, Cambridge. Gran Bretaña.
- Hernández, F., A. 1651. *Historia Natural de Nueva Hispania*. Sevilla. España.
- Hocker, J., R. 1984. *Introducción a la biología forestal*. AGT Editor. México.
- Hudson, W., D. 1986. Relationships of domesticated and wild *Physalis philadelphica*. In: D’Arcy, W.G. (ed.) *Solanaceae: Biology and Systematic*. Colombia University Press. New York, USA. 416-432.

- Hunt, R. 1982. Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold Publishers Ltd., Londres. 67p.
- Hurt, R., G.; Sheard, G., F.1981. Fuel saving in greenhouses; the biological aspect. Growers books. London.
- INIA.1995.Compendio de Información Técnica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.).Dirección General de Investigación Agraria. Lima-Perú.
- Imery Buiza, J., H. Cequea Ruíz. 2001. Evaluación citogenética de la generación M1V2 de tetraploides experimentales en sábila (*Aloe vera* L.).Rev. UDO Agr. 1(1):29-33.
- Jones, B., S. Jr.1987.Sistemática vegetal.2da ed.Mc GRAW-HILL de México.
- Kahn, I., A. and Grosser, J., W. 2004.Regeneration and characterization of somatic hybrid plants of *Citrus sinensis* (sweet orange) and *Citrus micrantha*, a progenitor species of lime.*Euphytica*. 137: 271–278.
- Kartesz, J., T.1994.A Synomized Checklist of the Vascular Flora of the United States, Canada and Greenland. Vol. 1. 2nd Edition: 592. Timber Press Portlad, Oregon, USA.
- Klug, W., O y Cummings, M., U.1999.Concepto de genética.1ra. Edición. Editorial Prentice hall iberia.S.R.L.Madrid-España.
- Kulkarni M, Borse T. 2010. Induced polyploidy with gigas expression for root traits in *Capsicum annuum* (L.). *Plant Breeding*. 129(4):461–464.
- Larcher, W., A. 1977.Ecofisiología Vegetal. Ed. Omega, Barcelona, España, PP. 155-225.
- Leperen, V., W., V.S. Volkov and U. van Meeteren, 2003.Distribution of xylem hydraulic resistance in fruiting truss of tomato influenced by water stress. *J. Exp. Bot.*, 54: 317-324.

- Menzel, M., Y. 1951. The cytotaxonomy and genetics of *Physalis*. Proc. Amer. Phil. Soc. 95:132-183.
- Molero, P., T. Y Matos A. 2008. Efectos de la inducción artificial de la poliploidía en plantas de *Aloe vera* (L.). ReviCy HLUZ. Boletín Centro de Investigaciones Biológicas Venezuela 42(1):111-133.
- Navarro, L., O.; Juarez, P., A.; Pérez, R., M.2002.Citrus improvement in Spain through triploid breeding, somatic hybridization and genetic transformation. In 7th International citrus seminar: Improvement. (Eds) L. C. Donadio and E. Sanches-Stuchi. Citrus Experimental station of Bevedouro, SF Brazil. Pages 57-70.
- Núñez, P., H.; Ochoa, A., N. Y Gómez, L., M.2008.ALTERNATIVA biotecnológica para melones, sandías, pepinos y calabazas.Conacytp.pag.1.
- Ollitrault P., D.; Dambier, F., L. and Bruyère, S., F. 2002.Triploid easy peeler breeding with help of biotechnologies. In 7th International Citrus Seminar: Improvement. (Eds) L. C. Donadio and E. Sanches-Stuchi. Citrus Experimental station of Bevedoro, SF Brazil. Pages 44-45.
- Pandey, K., K. 1957. Genetics of self-incompatibility in *Physalis ixocarpa* Brot. A new system. American Journal of Botany 44: 879-887.
- Peña, L., A. 1994. Hibridación de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Memorias de la XL Reunion anual. Interamerican Society for Tropical Horticulture. 13 al 19 de noviembre. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México. P.67.
- Peña, L., A. Y Márquez, S., F. 1990. Mejoramiento genético del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Revista Chapingo. 71-72:84-88.
- Peña, M., E.; Ponce, P., J.; Hernández, M.; Castro, T., C. y Tapia, V., R.2002.Evaluación de los principales componentes de la productividad

natural en el Embalse de Aguamilpa. Memorias del congreso de investigación científica y tecnológica en Nayarit, México. 10 pp.

Piña, J., M. 1994. El cultivo del chícharo (*Pisum sativum* L.) Su respuesta bajo condiciones de acolchado de suelos y azufre elemental. Tesis de Licenciatura en Biología. División de Ciencias Biológicas ICCAC. Saltillo Coahuila.

Poehlman JM, Allen SD. 2005. Mejoramiento genético de las cosechas. Segunda edición. Limusa. México, 511 p.

Ponce, O., J. 1995. Evaluación de diferentes densidades de plantación y niveles de despunte en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en hidroponía. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo. México. 96 p.

Ramírez, G., F.; Robledo, T., V.; Escobedo, B., L.; Portos, G., N. L. 2007. Evaluación agronómica de tetraploides y diploides experimentales de tomate de casca (*Physalis ixocarpa* Brot.). XII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. 14 al 17 de agosto de 2007. Zacatecas, Zac. México.

Ray, P., M. 1985. La Planta Viviente. Compañía Editorial Continental, S. A. México pp. 72-73.

Rego, M., M., Rego, E., R, Bruckner CH, Finger FL, Otoni W. C. 2011. In vitro induction of autotetraploids from diploid yellow passion fruit mediated by colchicine and oryzalin. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 107 (3):451-459.

Robledo, T., V.; Ramírez, G., F.; Foroughbakhch, P., R.; Benavides, M., A.; Hernández G., G. and Reyes, V., H. 2011. Development of tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.) autotetraploids and their chromosome and phenotypic characterization Breeding Science 61: 288–293.

- Sanabria, M., E. 2003. Efecto de la irradiancia sobre la morfología, la anatomía, el crecimiento y el desarrollo de las estructuras vegetativas de *Heliconia latispatha* Benthamcv. Red Yellow-Gyro (Heliconiaceae). Trabajo de Ascenso presentado para optar a la categoría de Profesor Titular. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Tarabana. Edo Lara. 72 p.
- Sánchez, C., N. y Hernández, V., L.2002.Descripción de Aspectos Productivos, de Postcosecha y de Comercialización del Ñame en Córdoba, Sucre y Bolívar. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Regional Dos.Consultado:<http://www.turipana.org.co/index.htm>
- Saray, M., C.1977.Tomate de cáscara, algunos aspectos sobre su fisiología e investigación. Campo agrícola experimental Zacatepec, Morelos, México.
- Saray, M., C. y Loya, R., J.1978.Cultivo del tomate de cáscara en el estado de Morelos. Revista campo. México.
- SIAP-SAGARPA.2011.Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. <Http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>.
- Sion, M., F.1979.Evaluación de rendimiento y calidad del fruto en 5 líneas de jitomate. Tesis de licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma de Chapingo.Chapingo, México.
- Soto, G., L. 1997. Evaluación de variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) con criterios morfológicos y rendimiento. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.30pp.
- Soost, R., K. and Roose, M., L.1996.Citrus. En: Janick, J. y Moore, J.N. (eds.) Fruit Breeding. Vol. I. Tree and Tropical Fruits. John Wiley and Sons, New York.

- Stevenson, F., F. y Mertens, T., R. 1980. Anatomía Vegetal. Ed. Limusa. México.
- Strasburger, E., F.; Noll, H., S.; Schimper, A., J. 1986. Tratado de Botánica. Barcelona, España. 1098 p.
- Tang, Z., Q. ; Chen, D., L. ; Song, Z., J. ; Cai, D., T. 2010. In vitro induction and identification of tetraploid plants of *Paulownia tomentosa*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 102(2):213-220.
- Tusa, N., S.; Bosco, N., F.; and Lucretti, S., A.1996.Obtaining triploid plants by crossing citrus lemon cv.Femminello 2N · 4N allotetraploid somatic hybrids. Proc. Int. Soc.Citricult. 1: 133–136
- Valerio, R.; Lindorf, H. and García, G., E. 2002. Anatomía foliar comparada de ocho cultivares de banano con relación a la resistencia o susceptibilidad a la Sigatoka (Amarilla y Negra). Agronomía Tropical 52(4):507-521.
- Viloria, Z., S.; Grosser, J., W. and Bracho, B., T.2005.Immature embryo rescue, culture and seedling development of acid citrus fruit derived from interploid hybridization. Plant Cell Tissue and Organ Culture 82: 159-167.
- Waterfall, V., T.1967.Physalis in Mexico, Central America and the West Indies. Rhodora 69: 203-239.
- Webner, T., C. and Barrett. Seedless watermelon breeding. <http://cuke.hort.ncsu.edu/>
- Went, F., W.1944.Plant growth under controlled conditions. Am. J. Bot. 31: 135-150.
- Wilkinson H. 1979. The plant surface (mainly leaf). In: Anatomy of Dicotyledons. C.R. Metclife y Chalk (Eds.). Oxford Clarendon Press. London. p. 97-165.

