

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Evaluación de Rendimiento y Calidad de Fruto, Estabilidad Meiótica y Viabilidad de Polen, en Cuatro Generaciones de Autotetraploides de *Physalis ixocarpa*

Por:

MINERVA LUNA MARTÍNEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Saltillo, Coahuila, México.

Junio 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Evaluación de Rendimiento y Calidad de Fruto, Estabilidad Meiótica y Viabilidad
de Polen, en Cuatro Generaciones de Autotetraploides de *Physalis ixocarpa*

Por:

MINERVA LUNA MARTÍNEZ

TESIS

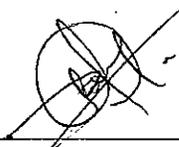
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Aprobada



Dra. Francisca Ramírez Godina
Asesor Principal



Dr. Valentín Robledo Torres
Coasesor



M.C. María Alejandra Torres Tapia
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía
Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Junio 2014

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios nuestro Señor por brindándome vida y fuerzas para continuar cada sueño, por haberme dado la oportunidad de existir en este mundo y sobre todo por permitirme concluir satisfactoriamente con mis estudios.

A la Dra. Francisca Ramírez Godina por darme la oportunidad de formar parte de sus tesis y por el apoyo incondicional para realizar este trabajo ya que sin su ayuda no hubiese sido posible terminarlo.

Al Dr. Valentín Robledo Torres por su apoyo, consejos y sobre todo comprensión, muchas gracias.

A la M.C. María Alejandra Torres Tapia por aceptar ser parte de mi comité y en la asesoría de este documento.

T.A. Norma Leticia Portos Gaona por su apoyo profesional en los trabajos de laboratorio, muchas gracias.

A mis Padres por darme su apoyo incondicional durante mi vida y por haber confiado en mí para ver culminado este proyecto que es suyo.

A mis Hermanos por brindarme su apoyo durante toda mi vida, sobre todo durante el transcurso de mi formación profesional

A mi amorcito (Oscar) por el apoyo incondicional para poder realizar este trabajo, sobre todo por sus palabras de aliento y su cariño infinito, muchas gracias.

DEDICATORIA

A mis padres

A ti madre: Sra. Guadalupe Martínez Santiago, por haberme dado el mejor regalo del mundo que es la vida, por estar conmigo en los momentos buenos y malos de mi vida, por brindarme el apoyo incondicional, por confiar siempre en mí, gracias a ti soy la mujer que soy, con principios y valores por todo esto y muchos más, gracias mamita.

A ti padre: Sr. Samuel M. Luna Hernández, por el gran apoyo, trabajando de sol a sol, con el único objetivo de sacar a su familia adelante y por muchas razones más, gracias papi.

A mis hermanos: Eduardo, Angélica, Conrado, Teresita, Jesús Daniel, Samuel Felipe, por el gran amor que nos une, por todo el apoyo y cariño que siempre me han brindado, gracias por estar siempre a mi lado.

A mis sobrinos: Ángel Omar, Kelly Yolanda, Eduardo Ángel, Guadalupe, Irving Giovanni, Ashlyn Noemí, Abraham, Oscar, Mónica, Cristhian José, Joselyn Mariel, Iker Mateo. Por el apoyo y muestras de cariño.

A mi Amorcito: Jaime O. Morales Arreortua, por haberme apoyado y estar conmigo durante todo el transcurso de este trabajo, gracias por esas palabras de ánimos y sobre todo por estar siempre conmigo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Importancia del cultivo	4
Historia	4
Origen.....	5
Taxonomía del Tomate de Cascara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot.).....	5
Descripción Morfológica.....	6
Manejo del cultivo en el Tomate de Cáscara.....	8
Fenología del cultivo	9
Fisiología del tomate de cáscara.....	10
Habito de Crecimiento	10
Requerimientos Climáticos	11
Plagas y Enfermedades del Cultivo de Tomate.....	13
Mejoramiento genético en tomate de cáscara.....	14
Características de los cultivos autoploiploides	21
Tetraploide artificial.....	23
MATERIALES Y METODOS.....	29
Material Genético.....	29
Establecimiento del experimento	30
Manejo del Cultivo	33
Control de plagas y enfermedades	34
Diseño y Análisis Estadístico	35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
Rendimiento Total de Fruto (RTF)	43
Número Frutos por Planta (NFP)	44
Peso Promedio de Fruto (PPF).....	45

Diámetro Polar de Fruto (DPF)	47
Diámetro Ecuatorial de Fruto (DEF).....	49
Sólidos Solubles Totales (SST).....	51
Firmeza de Fruto (FF).....	53
Viabilidad de polen.....	54
Análisis Meiótico	56
CONCLUSIONES	61
LITERATURA CITADA	62

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Fertilizante (gr.) aplicados en el tomate de cascara, durante su producción, en General Cepeda, Coahuila 2013.....	34
2.	Productos químicos aplicados como preventivos a la incidencia de plagas y enfermedades en el estudio de tomare de cascara, en General Cepeda, Coahuila 2013.....	34
3.	Cuadrados Medios del análisis de varianza y valores de F, aplicado a los componentes de rendimiento de los cuatro tratamientos tetraploides y un diploide Var. Rendidora en tomate de cascara.....	42
4.	Cuadrados Medios del análisis de varianza y valores F aplicado a características de calidad de fruto de los cuatro tratamientos tetraploides y un diploide Var. Rendidora en tomate de cascara.....	51
5.	Media y desviaciones estándar del porcentaje de viabilidad de polen en cuatro generaciones de autotetraploides y el diploide rendidora de <i>P. ixocarpa</i>	55
6.	Medias y desviaciones estándar de número de configuraciones cromosómicas en cuatro generaciones de autotetraploides de <i>P. ixocarpa</i>	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pagina
1.	Producción de plántulas de tomate de cáscara tetraploides en el invernadero del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.....	31
2.	Establecimiento de plántulas de tomate de cáscara tetraploides en General Cepeda, Coahuila.....	32
3.	Rendimiento de fruto, comparación de cuatro generaciones de tetraploides y el diploide Var. Rendidora. de tomate de cascara.....	43
4.	Numero de fruto, comparación de cuatro generaciones de tetraploides y el diploide Var. Rendidora.....	45
5.	Peso promedio de frutos por planta en el cultivo de tomate de cáscara, en comparación de tetraploides y el diploide Var. Rendidora evaluado en General Cepeda, Coahuila 2013.....	47
6.	Tamaño de fruto, comparación de cuatro generaciones de tetraploides y el diploide Var. Rendidora de tomate de cáscara en General Cepeda, Coahuila 2013.....	48
7.	Diámetro ecuatorial del fruto en el cultivo de tomate de cascara, estudiados en General Cepeda, Coahuila.....	50
8.	Calidad de fruto, en comparación de tetraploides y el diploide Var. Rendidora en tomate de cáscara <i>Physalis ixocarpa</i> Brot.....	52
9.	Firmeza de fruto en el tomate de cáscara <i>Physalis ixocarpa</i> Brot. en cuatro generaciones (tetraploides) y un diploide Var. Rendidora.....	54

10.	Viabilidad de polen, comparación de cuatro generaciones de tetraploides y el diploide Var. Rendidora de tomate de cascara.....	56
11.	Configuraciones cromosómicas observadas en células en diacinesis de <i>Physalis ixocarpa</i> Brot. (A) tetraploides $2n= 4x = 48$, (B) diploides $2n= 2x = 24$.100X.....	57
12.	Promedio de configuraciones cromosómicas a través de cuatro generaciones consecutivas de autotetraploides de <i>P. ixocarpa</i>	60

RESUMEN

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) se conoce desde tiempos precolombinos, esta especie es nativa de México y América Central, actualmente es de gran importancia económica, en el 2012 fue la cuarta hortaliza en superficie sembrada, con una área de 43,505 ha con un rendimiento de 14.37 t ha⁻¹. El limitado mejoramiento genético de la especie, el uso de variedades nativas y sistemas tradicionales de producción, tienen por consecuencia un bajo rendimiento medio nacional; una alternativa en la mejora de esta especie fue la creación de autotetraploides formados por acción de la colchicina, en los cuáles se ha observado un aumento en la variabilidad en rendimiento, así como una sobre-expresión de características importantes como rendimiento y tamaño de fruto por planta etc. Por lo tanto el objetivo del presente trabajo fue estudiar el comportamiento de cuatro generaciones de autotetraploides en relación a rendimiento, calidad de fruto, estabilidad mediática y viabilidad de polen. La producción de planta se realizó en el 2013 en el Municipio de General Cepeda, Coahuila, México y en el laboratorio de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; evaluando las variables de componentes de rendimiento (Rendimiento Total de Fruto, RTF; Número de Frutos, NF; Diámetro Polar y Ecuatorial, DP y DE), calidad de fruto (Sólidos Solubles Totales, SST y Firmeza de Fruto, FF). Viabilidad de Polen, VP; y Apareamiento Cromosómico en meiosis, AC. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, donde los tratamientos fueron cuatro generaciones tetraploides y un diploide (Var. Rendidora, como testigo).

Los datos obtenidos se analizaron con el programa estadístico SAS versión 9.2. En las variables RTF y NF resultaron con coeficientes de variación altos (23.37 y 39.54% respectivamente); mientras DP, DE y FF tuvieron una baja variación (6.16, 4.68 y 13.65%, cada una), marcando una confiabilidad en los resultados obtenidos. En los componentes de rendimiento y calidad de fruto, no se encontraron diferencias significativas entre las cuatro generaciones de autotetraploides y el testigo (diploide), debido a problemas de endogamia generados por la cantidad reducida de individuos involucrados en los cruzamientos, otra causa fue que los nuevos tetraploides se convirtieron en auto fértiles. Las mejores generaciones de autotetraploides fueron G3T y G4T con rendimientos de 0.6058 y 0.6115 kg/planta respectivamente, superadas por el testigo (diploide, Var. Rendidora) que obtuvo 1.1665 kg/planta. En SST, se encontraron diferencias significativas entre las poblaciones indicando que las generaciones tuvieron un comportamiento diferencial al diploide bajo estudio. La autotetraploidía prevaleció a través de las cuatro generaciones estudiadas de apareamiento cruzado. Los cromosomas del testigo diploide se asociaron en bivalentes mientras que en las cuatro generaciones de autotetraploides se encontró un mayor número de cromosomas involucrados en apareamientos bivalentes (39.94 %), en univalentes (5.63 %), trivalentes (3.60 %) y cuadrivalentes (0.89 %); porcentajes que en parte explica la conservación de la fertilidad en la población. La viabilidad de polen no mostró diferencias significativas entre generaciones; resultados que muestran el posible desarrollo de una variedad autotetraploide por mantener la poliploidía y la fertilidad en las plantas. Además, por el elevado número de bivalentes entre generaciones, se

espera una respuesta positiva hacia la estabilidad meiótica, lo cual ayudará a continuar con el mejoramiento genético de esta población.

Palabras clave: *Physalis ixocarpa*, autotetraploides, apareamiento meiótico, viabilidad del polen, mejoramiento genético.

INTRODUCCIÓN

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.), es nativo de México y América Central, actualmente es de gran importancia económica en México (Cantwell *et al.*, 1992), en el 2012 fue la cuarta hortaliza en superficie sembrada, con una área de 43,505.33 has con un rendimiento medio nacional de 14.37 t h⁻¹ (SIAP-SAGARPA, 2013). La importancia de esta hortaliza se debe a su alto consumo en México y a su exportación a los Estados Unidos de América y Canadá. También se cultiva en la India, Australia y Sudáfrica, así como en el sureste de los Estados Unidos (Fischer *et al.*, 1990; Peña y Márquez, 1990). A pesar de existir amplia variabilidad genética tanto en el tomate silvestre como en el domesticado en México (Santiaguillo *et al.*, 2004), el rendimiento medio nacional es considerado bajo, posiblemente como consecuencia del limitado mejoramiento genético de la especie, el uso de variedades nativas y sistemas tradicionales de producción.

La autoploidía es un estado biológico inducible caracterizado por redundancia genómica, el cual puede ser aprovechado por los fitomejoradores, además incrementa el tamaño efectivo de la población y la flexibilidad genómica, facilitando así el manejo de la selección artificial (Parisod *et al.*, 2010). La redundancia genética puede permitir la divergencia adaptativa de genes duplicados, además la duplicación cromosómica causa un incremento en la altura de plantas y volumen foliar con respecto a plantas diploides (Molero-Paredes y Matos, 2008). Sin embargo, se ha encontrado que los frutos de los poliploides tienen reducida producción de semilla, como consecuencia de

irregularidades meióticas, que llevan a la pérdida de cromosomas en anafase I y II, llevando a la planta a tener pérdida de fertilidad (Alfonsi y Cequea, 2000).

Por lo tanto, la formación de tetraploides en *Physalis ixocarpa* abre nuevas posibilidades en la selección y mejora de esta especie, ya que, se sabe que la duplicación del genoma generalmente induce cambios en rasgos fenotípicos y anatómicos, tales como el incremento en el tamaño celular y modificación en la tolerancia ecológica (Parisod *et al.*, 2010), aunque se ha encontrado que la pérdida de fertilidad en autoploiploides es relevante, ya que influye significativamente en el desarrollo del fruto, que es el principal órgano de valor económico. En tomate de cáscara, Robledo-Torres *et al.*, (2011) desarrollaron una población autotetraploide $2n = 4x = 48$ de *P. ixocarpa*, mediante la utilización de colchicina en plántulas de la variedad Rendidora. El material resultante es prometedor para obtener nuevas variedades o híbridos de alto crecimiento y calidad (Robledo-Torres *et al.*, 2011).

Uno de los problemas asociados a la generación de autotetraploides, es el desbalance en la segregación meiótica, debido a apareamientos irregulares. De aquí que resulta necesaria estudiar el impacto de estos nuevos autotetraploides en lo que respecta a componentes de rendimiento y calidad de fruto, estabilidad meiótica y viabilidad de polen a través de generaciones. En particular, surge la necesidad de buscar formación de bivalentes en meiosis, ya que ello determina que exista buenas segregación y formación de gametos balanceados y viables (Poggio *et al.*, 2004).

Objetivos

Objetivo general

Estudiar el comportamiento de cuatro generaciones de autotetraploides en relación a rendimiento, calidad de fruto, estabilidad meiótica y viabilidad de polen.

Objetivos específicos

- Evaluar los componentes de rendimiento y calidad de fruto en cuatro generaciones de autotetraploides.
- Estudio del apareamiento cromosómico en meiosis de cuatro generaciones de autotetraploides.
- Estudiar el comportamiento meiótico y seleccionar plantas con apareamiento regular.
- Estimar la viabilidad de polen de los autotetraploides.

Hipótesis

La autoploidía se mantiene a través de generaciones de reproducción. Al aumentar el número de generación de autotetraploides de tomatillo aumentará la estabilidad meiótica y viabilidad de polen, posibilitando la obtención de autotetraploides con altos rendimientos de fruto.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia del cultivo

El tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* Brot.) es una planta hortícola de gran importancia económica en México, así como originaria del mismo. Tiene gran demanda en la elaboración de diversos platillos tradicionales, en forma de salsas agregados a los guisados, en sopas, ensalada, etc. (Palacios, 1978). En los últimos años se ha incrementado la superficie destinada a este cultivo. En los estados de Michoacán, Puebla y Morelos, son los principales productores. En los últimos 30 años el tomate de cáscara ha sido uno de los cinco cultivos hortícolas con mayor demanda a nivel nacional (Anónimo, 1993).

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) es una especie nativa de México y con frecuencia se le considera rústica (Peña y Santiaguillo, 1999); es decir, puede desarrollarse normalmente aunque no reciba las condiciones nutrimentales o de manejo propicias durante su cultivo.

Historia

En México, el género *Physalis* comprende 36 especies, una de las cuales es *Physalis ixocarpa* Brot., económicamente importante por sus frutos que son empleados en la cocina mexicana (Santiaguillo *et al.*, 1994).

La superficie cosechada de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot) ha aumentado desde 1932, adquirió importancia en los setenta y desde los ochenta se exporta en fresco o industrializado a los EE.UU. (Pérez y Granados, 2001).

La demanda creciente de tomate de cáscara en México ha causado un incremento de la superficie cultivada de esta hortaliza (SAGARPA, 2002), y ha motivado la generación de variedades mejoradas de polinización libre de alto rendimiento, a partir de la amplia variabilidad genética existente en la especie (Peña y Márquez, 1990).

Origen

El tomate de cáscara prácticamente sólo se cultiva y consume en México, donde en los últimos 20 años ha cobrado gran importancia, debido a su uso en la preparación de alimentos típicos (Saray y Loya, 1978). Actualmente esta especie ocupa el quinto lugar en superficie sembrada con cultivos olerícolas en 1998 (SAGAR, 1998).

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

La clasificación del tomate de cascara obedece principalmente a las características fenotípicas del fruto y al número cromosómico (Taboada y Oliver, 2004).

Reino: Plantae

Reino: Embryobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Dicotiledoneae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Subfamilia: Solanoideae

Tribu: Solaneae

Género: *Physalis*

Especie: *ixocarpa* Brot ex Hornem

Nombre común: tomate de cáscara, tomate verde o tomatillo

Fruto: baya

Descripción Morfológica

Raíz

El sistema de raíces en siembras directas se caracteriza por presentar raíz típica, columnar o pivotante presentándose ramificaciones secundarias profundas que pueden alcanzar hasta 60 cm o más. El sistema radicular se modifica en el método de trasplante, transformándose en fibroso el cual cuenta con poca penetración en el suelo (Moreno *et al*, 1996).

Tallo

El tallo es estriado; herbáceo o ligeramente leñoso en la base que puede ser erecto o rastrero, con un diámetro del tronco principal de 1.1 a 1.3 cm; presentando ramas primarias de 0.8 a 1.3 cm de diámetro, llegándose a extender a 1.0 m de longitud. En los primeros días de vida se presentan pilosidades o pubescencias esparcidas en el tallo, hojas y ramas, los cuales se van perdiendo a medida que crece la planta (Saray, 1977).

Hoja

Son erectas, alternas, de forma ovada de 5 a 10 cm de largo por 4 a 6 cm de ancho, base atenuada, ápice agudo o ligeramente acuminado, con márgenes irregularmente dentados, pero por lo general presentan seis dientes por cada lado; peciolo de 4 a 6.5 cm de largo (Saray, 1982; Pérez *et al.*, 1997).

Flores

Las flores son bisexuales, perfectas o hermafroditas; éstas son solitarias y salen de la dicotomía de las ramas; son pequeñas, pentámeras, con bordes de color amarillo brillante y con pedicelos de 0.7 a 1.7 cm de largo, lóbulos de cáliz de 0.7 a 1.3 cm de largo. Las anteras son azules o azul verde de 0.2 a 0.4 cm de largo, las cuales se encorvan después de la dehiscencia. La corola tiene de 1.0 a 2.69 cm de diámetro; su color es amarillo aunque algunas veces está púrpura y descolorida en el centro o con manchas azul-verdoso o morado, tenues o muy marcadas; acampanulada o circular; de lóbulos plegados, y con los estambres insertados en la base de la corola. El estigma presenta dos hendiduras, casi bilobulado (Saray *et al.*, 1977; Medina, 1996).

Fruto

El fruto es una baya globular colgante amarilla o verdusca, con tamaño variable de 1.8 a 4.3 cm de diámetro polar por 1.6 a 6 cm de diámetro ecuatorial (1.0 a 6.0 cm de diámetro), con pulpa de sabor ácido, dulce o agrídulce. El cáliz que lo cubre mide de 1.8 a 4.3 cm de largo por 2.5 a 6.0 cm de ancho nervaduras que en algunos casos son de color morado dependiendo del cultivo,

pero en general son del mismo color del fruto (verde, morado o verde amarillento); los pedicelos miden de 0.6 a 1.0 cm de largo (García, 1995; Moreno y Torres, 1996).

Semilla

Se encuentra distribuida en el endocarpio del fruto y es de forma circular aplanada, con una coloración crema “sucio”, mide aproximadamente de 3 a 3.5 mm de diámetro; en su interior presenta dos cotiledones (Aguilar y Méndez, 2004).

Manejo del cultivo en el Tomate de Cáscara

Siembra directa

Las plantas provenientes de la siembra directa son más vigorosas, aunque se requiere de mayor cantidad de semillas, la cual no siempre está disponible, para una hectárea se requiere aproximadamente 1.5 a 2 kilogramos de semilla y por trasplante se reduce la cantidad. Es recomendable que la distancia entre plantas sea de 50 cm. El tomate se siembra en diversos tipos de suelo (Dressier, 1953).

Trasplante

Calderón (1989) señala que el sistema más utilizado para la producción comercial es el de trasplante, lo que permite evadir heladas y hacer un uso más intensivo del suelo. En la producción de plántulas en charolas germinadoras, se

puede suministrar el oxígeno, agua, nutrientes y soporte para las raíces de las plantas, como lo hace el mismo suelo. Agrega que la solución nutritiva aporta agua, nutrientes e incluso oxígeno suplementario.

Al producir plántula charolas, es para mejorar las condiciones de crecimiento, floración y fructificación, que se pueden producir en una mayor calidad y un rendimiento más elevado del cultivo.

Fenología del cultivo

La expresión fenotípica de las poblaciones de tomate de cáscara se modifica significativamente como resultado del cambio de hábitat o sistema de siembra (trasplante o siembra directa).

Según Cartujano (1984), la fenología del tomate de cáscara es la siguiente:

Nacimiento. Se da una semana después de la siembra.

Prolongación del eje principal. Se presenta de la cero a la cuarta semana después de la emergencia.

Crecimiento vegetativo. Comienza desde la semana cero a la semana catorce.

Producción de botones florales. Se manifiesta de la semana tres a la semana catorce.

Floración. Inicia de la semana cuatro a la semana catorce.

Fructificación. Comienza de la semana cinco a la semana catorce.

Senescencia. Se inicia de la semana doce a la semana catorce.

Fisiología del tomate de cáscara

Desarrollo y crecimiento

La planta de tomate de cáscara tiene un ciclo de vida de 85 a 90 días desde la siembra a la senescencia; una vez que emerge la plántula inicia un crecimiento lento, aproximadamente de 1 cm/día; posteriormente, como a los 24 días el crecimiento se acelera y se estabiliza como a los 55 días, que es cuando alcanza una altura de 90 cm aproximadamente; la planta sigue creciendo lentamente y puede llegar a alcanzar poco más de 1.0 m de altura, esto sucede como a los 70 días, después la planta empieza a envejecer rápidamente hasta su muerte.

Habito de Crecimiento

Hábito erecto

Se identifica por el aspecto arbustivo que presenta la planta, originado por un crecimiento casi vertical de los tallos y la desventaja que presenta es que se doblan o se rajan con el peso de los frutos.

Hábito rastrero

Se caracteriza porque generalmente crece en forma erecta sólo hasta 0.40 m y conforme se va desarrollando la planta, los tallos se extienden sobre la superficie del suelo hasta un metro de tallo principal.

Habito semi-rastrero

Presenta claras diferencias con características intermedias de los dos tipos anteriores; no es tan ramificado como el tipo rastrero pero si con más ramificaciones laterales que el tipo erecto. Su altura sobrepasa los 30 cm, pero no más de 80 cm. (Saray, 1977).

Requerimientos Climáticos

Temperatura

La temperatura óptima que requiere el cultivo del tomate de cáscara fluctúa entre 20 a 22° C. El nivel adecuado de temperatura para la germinación del tomate de cáscara es de 20 a 23 °C. Para el crecimiento vegetativo requiere de 22 a 25 °C, ya que con temperaturas de 30 °C el crecimiento disminuye y con 40 °C ó más se puede detener. Cuando la planta entra a floración requiere de 30 a 32 °C. Con temperaturas por arriba de éstos valores, durante la floración, se puede provocar deshidratación del tubo polínico, provocando una polinización incompleta y frutos mal formados (Moreno y Torres, 1996).

Humedad

La humedad relativa óptima oscila entre los 60 y 80%. Humedad muy relativa muy elevada favorece el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación (Calderón, 1989).

Luminosidad

La luz promueve la absorción foliar al estimular la apertura de los estomas y permitir la fotosíntesis la cual establece un gradiente de presión osmótica continuo entre hojas y raíces permitiendo el traslado de los componentes aplicados al follaje (Dybing y Currier, 1961).

Cosecha

Saray (1977), menciona que el número de cortes en el tomate de cascara varía dependiendo del vigor de la planta, pero por lo general se le dan de 4 a 6 cortes. Estos deberán iniciarse cuando hayan madurado los primeros 3 a 4 frutos de la mayoría de las plantas, lo cual ocurre de los 55 a 70 días después de la siembra. Por lo general la cosecha dura de 30 a 35 días. Cabe señalar que hay gran variación en el tamaño de los frutos, ya que unos son demasiado grandes y rompen la bolsa, en tanto otros alcanzan a llenar mismas. También existe variación en cuanto al color y sabor de los frutos, ya que pueden presentarse tanto de tonalidad verde como amarillo, así como de sabor ácido o dulce (SARH, 1978).

Plagas y Enfermedades del Cultivo de Tomate

Plagas

La plaga de mayor importancia es; el gusano del fruto (*Heliothis sufflesa* Guenee), esta plagas pueden llegar a ocasionar perdidas más del 80% de la producción si no se tiene control adecuado.

- 1.- Pulga Saltona (*Epitrix cucumeris* Harris)
- 2.- Minador de la Hoja (*Liriomyza trifolii* Burgess)
- 3.- Mosquita Blanca (*Trialeurodes vaporariorum*)
- 4.- Pulgón (*Aphis gossypii* Sulzer)
- 5.- Trips (*Frankliniella occidentalis* Pergande)
- 6.- Gusano Trozadores (*Feltia* spp)
- 7.- Gusano del Fruto (*Heliothis sufflesa* Guenee)
- 8.- Araña Roja (*Tetranychus urticae* Koch)
- 9.- Orugas (*Spodoptera exigua* Hubner)
- 10.- Nematodos (*Meloidogyne* spp)

Enfermedades

Las hortalizas son susceptibles al ataque de una gran variedad de enfermedades, cuyos agentes causales pueden ser: hongos, bacterias y virus. Los daños que estos organismos ocasionan, están íntimamente ligados a una serie de factores, entre los que destacan son, el clima, tipo de suelo, la especie cultivada y el manejo agronómico.

1. Oidiopsis (*Leveillula taurina* Lev. Arnaed)
2. Podredumbre Gris (*Botryotinia fuckeliana* de Bary)
3. Podredumbre Blanca (*Sclerotinias clerotiorum* Lib. De Bary)
4. Mildiu (*Phytophthora infestans* Mont. De Bary)
5. Alternariosis (*Alternaria solani*)
6. Enchinamiento (*Fusarium oxisporum* f. sp. *Lycopersici* Sacc)
7. Pudrición (*verticilium dahliae* Kled)
8. Mancha Negra del T. (*Pseudomonas syringae* pv. *Tomato* O)

Mejoramiento genético en tomate de cáscara

El mejoramiento genético del tomate de cáscara está limitado por la autoincompatibilidad que presenta, la cual impide la obtención por autofecundación de líneas endogámicas para la formación de híbridos (Peña y Márquez, 1990; Pérez *et al.*, 1997). Según Pandey (1957), dicha autoincompatibilidad es de tipo gametofítico y está determinada por dos loci independientes, cada uno con alelos múltiples; se manifiesta después de la polinización, cuando uno o dos alelos presentes en el polen también lo están en el estilo. En esta condición el polen generalmente no llega a germinar; cuando germina, el tubo polínico no penetra en el estigma, y si lo hace crece lentamente a lo largo del estilo, pero raras veces fecunda al óvulo (Pérez *et al.*, 1997) y entonces la autoincompatibilidad no es absoluta (Inzunza *et al.*, 1999).

Con la autofecundación artificial se favorece la presencia de alelos autoincompatibles y se producen frutos partenocárpicos (Peña *et al.*, 1998) y un

número reducido de frutos con semilla. Esta semilla puede ser sexual o apomíctica (Inzunza *et al.*, 1999); la sexual significa la posibilidad de generar líneas endogámicas.

Sánchez (2003), indica que para mejorar los tomates, emplearon el método de familias de medios hermanos. Recolectaron 20 familias en Zacoalco de Torres, fueron cruzadas entre sí en un invernadero del CUCBA, y después de una serie de pruebas, seleccionaron a las mejores.

De esta 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). Indicó que son “de hábito rastroso (su desarrollo es en el suelo), ya que, según los especialistas, eso da mejor rendimiento. Además, sus frutos son color morado, y gracias a su sabor, tienen buena aceptación en el occidente de México”.

www.gaceta.udg.mx/Hemeroteca/paginas/304/304-10.pdf

De acuerdo a caracteres morfológicos y agronómicos, la variabilidad genética del tomate de cáscara se agrupa en ocho tipos o razas: Silvestre, Milpero, Arandas, Tamazula, Manzano, Rendidora, Salamanca y Puebla (Ayala *et al.*, 1992), mismas que han sido estudiadas por Montalvo (1998) mediante marcadores moleculares de ADN para establecer sus distancias genéticas y caracterización molecular, tomando como base el hecho de que todos estos materiales son autoincompatibles, se cruzan entre sí y producen descendencia fértil, por lo que pertenecen a la misma especie (Peña *et al.*, 1998).

El mejoramiento genético vegetal, a través de la obtención de variedades mejoradas, es un camino viable y relativamente barato para lograr incrementos en la productividad del tomate de cascara. En este programa se han hecho algunos trabajos para contribuir al conocimiento genotécnico de esta especie mediante el estudio de:

- a) Los parámetros genéticos (varianza aditiva, coeficiente de variación aditiva, heredabilidad y correlaciones genéticas) de las variedades Rendidora, CHFI-Chapingo, Manzano-1 y Verde Puebla (Pérez *et al.*, 1996; Peña, 1998).
- b) La respuesta estimada y observada de la selección masal, familiar de medios hermanos y combinada de medios hermanos. (Peña, 1998).
- c) La heterosis inter e intra varietal (Peña, 1998).

Con base en dicho conocimiento se puede decir que en tomate de cascara los efectos aditivos son más importantes que los no aditivos, por lo que la elección es una buena alternativa para el mejoramiento genético de las poblaciones nativas y aquellas con un grado incipiente de mejoramiento, planteándose como estrategia para realizar tres a cinco ciclos de selección masal visual estratificada y posteriormente hacer selección familiar de medios hermanos.

Calidad de semilla

La calidad de semilla engloba un conjunto de atributos que contribuyen al establecimiento de la planta en campo, en donde la calidad genética, fisiológica, física y sanitaria juegan un papel importante (Hernández, 2003).

Calidad genética

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

Hernández (2003), menciona que la calidad genética de las semillas es la más importante de las cuatro porque se garantizan características deseadas en las plántulas. Esta calidad es resultado de la expresión de factores propios del genoma de la semilla y de su interacción con los factores ambientales que la rodean durante su desarrollo, cosecha y almacenamiento.

Montoya (1980), menciona que los métodos de mejoramiento de estas especies difieren de los empleados en plantas autogamas. Además Poehlman (1965), menciona que los métodos factibles de ser usados en el mejoramiento genético son:

La selección Masal

La selección Masal Estratificada

La selección Familia

Existen al menos 19 métodos de selección recurrente propuestos para el mejoramiento de especies vegetales de los cuales la selección masal y la selección mazorca por surco son los más antiguos. Tales métodos se basan fundamentalmente en la selección de los mejores individuos, familias de los mejores individuos dentro de las mejores familias de una población son los métodos más fáciles y rápidos y baratos para el mejoramiento genético de las

especies alógamas, además de ser los más recomendables para el tomate de cascara (Peña y Márquez 1990).

Origen de los cultivos poliploides

Los poliploides pueden formarse por:

- a) Autopoliploidia, o sea la duplicación del genómico parental.
- b) Aloploidia, resultado del doblamiento del número de cromosomas después de un cruce interespecífico.

Poliploidia

Es un incremento del número cromosómico normal de un individuo está compuesta por varios juegos completos de cromosoma.

La poliploidia se produce por irregularidades de la meiosis: en la primera división (profase), cuando los cromosomas homólogos se separan en el proceso llamado sinapsis para formar tétradas, y no se separa durante la anafase 1; esto origina una célula con todo el complemento cromosómico y la otra con ninguno, donde la primera pasa por la segunda división meiotica y producirá un cigoto tríploide (estéril): la poliploidia divide en: euploidia u Aneuploidia (Cubero 2003).

Euploidia

Es la condición cromosómica de cada célula, tejido, órgano o individuo que corresponde a la constitución numérica normal de la especie.

Esta se presenta en individuos, con variaciones de complementos cromosómicos completos. El número característico de cromosomas que debe tener un organismo, donde dicho número de cromosomas es múltiplo de un número básico(n) donde significa que solo tienen un único cromosoma de cada tipo.

Según Cubero (2003) y Ramón (1970), se clasifica en:

Monoploide o haploide: Organismo que contiene solo un complemento el juego básico de cromosomas de la especie, se expresa como N o X .

Triploide: individuo que posee tres juegos completos de cromosomas, se origina cuando se une un gameto monoploide (n) con un gameto diplode ($2n$) formando tres juegos de cromosomas ($3n$).

Tetraploides: individuo que posee cuatro juegos de cromosomas ($4n$). La duplicación se lleva a cabo con compuestos químicos, como el alcaloide llamado colchicina. Se forman cuando se unen dos gametos diploides de la misma especie.

Autotetraploides: individuos que poseen cuatro juegos de cromosomas homólogos ($4n$). Son estériles cuando se producen gametos equilibrados, formándose cuando se unen dos gametos diploides de dos especies iguales.

Aneuploidia: (Aneu= impar; Ploidia= Unidad). Son organismos cuyo número de cromosomas no es múltiplo del número básico del grupo. Se divide en:

Nulosomicos: se presenta cuando un organismo ha perdido un par de cromosomas ($2n-2$). Es mortal para los diploides; en poliploides se puede perder dos cromosomas homólogos de un grupo y sobreviven; en trigo hexaploides ($6n-2$) se manifiesta con reducción de vigor y fertilidad y sobreviven hasta la madurez.

Monosomicos: se presenta organismos diploides cuando pierden un cromosoma de un par único ($2n-1$). Se manifiesta con altura de mortalidad o reducción de la fertilidad.

Doble Trisomico: se produce cuando cada uno de los cromosomas diferentes se presenta un triplicado, representándose como ($2n+1+1$).

Tetrasomico: se presenta por cuadruplicado un cromosoma de un organismo diploide, representado como ($2n+2$).

La poliploidia es muy común en plantas, especialmente en angiospermas, actualmente, se piensa que entre el 30 y 70 % de las Angiospermas son poliploides. Se sabe que las herbáceas perennes muestran mayor porcentajes de formas poliploides que las anuales y están menos que las

leñosas aunque las herbáceas perennes y las leñosas se comportan de diferente manera en las regiones tropicales (Ramón, 1970).

Características de los cultivos autoploiploides

Los autoploiploides son organismos que poseen más de dos juegos de cromosomas en sus células somáticas, y en el que ambos juegos han derivado de la misma especie (Poehlman y Allen, 2005).

La autoploiploidía es un estado biológico inducible caracterizado por redundancia genómica, el cual puede ser aprovechado por los fitomejoradores, además incrementa el tamaño efectivo de la población y la flexibilidad genómica, facilitando así el manejo de la selección artificial.

La redundancia genética puede permitir la divergencia adaptativa de genes duplicados, además la duplicación cromosómica causa un incremento en la altura de plantas y en la longitud, ancho, espesor y volumen foliar con respecto a plantas diploides (Molero-Paredes y Matos, 2008). Sin embargo, se ha encontrado que los frutos de los poliploides tienen reducida producción de semilla, como consecuencia de irregularidades meióticas, que llevan a la pérdida de cromosomas en anafase I y II, llevando a la planta a tener pérdida de fertilidad (Alfonsi y Cequea, 2000). Por lo tanto, la formación de tetraploides en *Physalis ixocarpa* abre nuevas posibilidades en la selección y mejora de esta especie, ya que, se sabe que la duplicación del genoma generalmente induce cambios en rasgos fenotípicos y anatómicos, tales como el incremento en el tamaño celular y modificaciones en la tolerancia ecológica (Parisod *et al.*, 2010), aunque se ha encontrado que la pérdida de fertilidad en autoploiploides es

relevante, ya que influye significativamente en el desarrollo del fruto, que es el principal órgano de valor económico. La reducción de la fertilidad disminuye la fecundación y, por lo tanto, la producción de semilla, la cual está relacionada con la síntesis de giberelinas y auxinas, reguladores vegetales que promueven la división y elongación celular y el desarrollo del fruto (Bünger-Kibler y Bangerth, 1982).

La redundancia genética puede permitir la divergencia adaptativa de genes duplicados (Parisod *et al.*, 2010). Se ha demostrado que los autoploiploides son capaces de experimentar cambios genómicos rápidos como la diploidización y disminución de la cantidad de DNA por célula, y muestran alta plasticidad genómica (Doyle *et al.*, 2008 y Leitch, 2008). Una desventaja posible es la pérdida de fertilidad, sin embargo, se sabe que los nuevos autoploiploides son altamente variables para esta característica (Ramsey y Schemske, 2002).

De forma natural y de acuerdo a estudios citogenéticos en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*), Menzel, (1951); Grimaldo *et al.*, (1999) indican un número cromosómico diploide de $2n=2x=24$. Debido a que esta especie reúne las características para obtención de autoploiploides como son: bajo número cromosómico, reproducción de tipo alógama y aprovechamiento de partes vegetativas (frutos). Por lo tanto una alternativa sería la introducción de nuevo potencial genético en el tomatillo por medio de la duplicación genómica aplicando colchicina como inductor de poliploidía.

Ventajas en la producción de autopoliploides

El estudio de autotetraploides puede representar una ventaja, ya que la tendencia de éstos a mostrar un mayor crecimiento vegetativo y una menor producción de semillas sugiere que la autopoliploidía sería de mayor utilidad en el mejoramiento de los cultivos cuyo objetivo final no es la producción de semilla (Poehlman y Allen, 2005). La autopoliploidia en tomate de cáscara permite incrementar la variabilidad y obtener plantas más vigorosas con posibilidades de incrementar rendimientos en una especie en la cual, la hibridación mediante la utilización de líneas endogámicas no es posible, debido a que presenta autoincompatibilidad (Pandey, 1957). En este sentido, la inducción de poliploidía en diversas especies vegetales se ha utilizado en los últimos años como una herramienta en el mejoramiento genético de las mismas, con la finalidad de aumentar los niveles de producción de los cultivos (Sartor *et al.*, 2004).

Tetraploide artificial

Investigaciones realizadas en tetraploides artificiales obtenidos de *Lycopersicon esculentum* Var. *cerasiforme* ($2n = 4x = 48$), fueron más altos que los diploides ($2n = 2x = 24$), presentaron flores grandes y hojas con más pelos y los granos de polen fueron estériles. En diacinesis se observó una baja frecuencia de cuadrivalentes y alta de bivalentes, lo que indica apareamiento normal, sin embargo, se presenta desbalance de gametos con 5, 6 y 7

microsporas. La frecuencia alta de bivalentes puede ser debido a la presencia de diferentes genes de control de sincronización en el progenitor original AoA1, con el doblamiento del genoma, se producen más bivalentes de lo esperado (Alfonsi y Cequea, 2000).

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.

En pepino *Cucumis sativus* y *Cucumis metuliferus*, Walters y Wehner (2002) formaron autotetraploides con la finalidad de crear progenie fértil y resistencia a nematodos, los poliploides los obtuvieron cuando sumergieron las semillas en colchicina al 0.5% durante un período de 6 a 8 horas. Después realizaron cruzamientos, sin embargo, sólo hubo desarrollo de frutos con semilla en los cruzamientos de *C. sativus* (4n) x *C. metuliferus* (2n), pero la semilla obtenida fue vana y no viable.

El tratamiento con colchicina en dos especies de algodón (*Gossypium arboreum* y *Gossypium herbaceum*) es más eficaz cuando la longitud de los hipocotilos es entre 4-7 mm. Los brotes de *G. arboreum* tratados con el

0.9% colchicina mostraron más células tetraploides, 16 horas después del tratamiento. La dosis de colchicina y el tiempo de incubación deben ser ajustada para cada variedad en las diversas condiciones ambientales. La inducción de poliploidía y tasa de crecimiento de la planta responden de manera diferencial a la dosis de colchicina, duración del tratamiento y al genotipo (Omran y Mohammad, 2008).

Con el objetivo de aumentar los rendimientos y el tamaño de fruto en la vid, por medio de poliploidización, Rasuli y Sotudeh, (2007) encontraron que los tratamientos con una concentración de colchicina de 0.9% y 1.1%, por 96 horas fueron los mejores para la inducción de autopoliploides en *Vitis vinífera* cv. Bidaneh.

En especies ornamentales Rose *et al.* (2001) combinado la aplicación de la colchicina en explantes nodales *in vitro* con el uso de la citometría de flujo, desarrollaron tetraploides en tres géneros, *Buddleia*, *Syringay* *Sorbus*.

Plantas tetraploides de *Anthurium andraeanum* "Arizona" fueron inducidos con éxito después del tratamiento *in vitro* de tejidos diploides con colchicina al 0.3% por 5 h. El tamaño de los estomas de las plantas tetraploides fue mayor que en las plantas diploides, sin embargo, la densidad de estomas fue menor que en las plantas diploides, las plantas tetraploides presentaron fuertes peciolas, hojas gruesas y de un verde más profundo, además vivieron más tiempo en comparación con las plantas diploides (Chen *et al.*, 2011). Para inducir la duplicación cromosómica en la *Gerbera jamesonii* Bolus cv. Sciella, brotes cultivados *in vitro* fueron tratadas con diferentes concentraciones de colchicina. Cuando los brotes fueron tratados con colchicina al 0.1% durante 8

horas, el 64% de las plántulas fueron tetraploides. La ploidía se confirmó por citometría de flujo, análisis de estomas y caracteres morfológicos. Los tetraploides 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 lo cual la obtención de poliploides contribuye a un mayor valor ornamental de la gerbera (Gantait *et al.*, 2011). Por su parte Liu *et al.* (2007), encontraron diferencias morfológicas entre diploides y tetraploides de *Platanus acerifolia* desarrolladas con el uso de la colchicina, ya que los tetraploides presentaron un hábito de crecimiento arbóreo con menor separación entre ramificaciones pero mayor desarrollo aéreo, con hojas más gruesas.

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 (Kaensaksiri *et al.*, 2011). Con el fin de incrementar la biomasa y contenido de triterpenoides en la especie *Centella asiática*, formaron autotetraploides con el alcaloide colchicina y encontraron una

tendencia positiva tanto en la biomasa y la producción de triterpenoides en plantas tetraploides y mixoploides de *C. asiática*.

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 (Rêgo *et al.*, 2011).

El desarrollo de líneas poliploides de arroz no tuvo muchos avances por un tiempo, debido a la baja producción de semilla. Sin embargo, el descubrimiento y utilización de materiales poliploides con meiosis estabilizada permitieron dar solución a la problemática presentada originalmente, encontrando además que la duplicación del genoma da lugar a resultados diferentes en relación a la fertilidad y viabilidad del polen, en función del cultivar de arroz y a la acumulación de hormonas endógenas y prolina libres. Ya que el polen de las líneas HN2026-4X tetraploides, mostró una alta fertilidad y viabilidad similares a la del diploide HN2026-2X, mientras que disminuyó drásticamente en el tetraploide Balilla-4X. El contenido de prolina libre se incrementó notablemente en HN2026-4X en comparación con HN2026-2X, pero se redujo para el Balilla-4X. Los efectos de la duplicación del genoma en la regulación de la acumulación de las hormonas endógenas en el polen fueron evidentes, dando lugar a la clara diferencia entre HN2026-4X y Balilla4X. En particular, la acumulación excesiva de ácido abscísico en la fase de la meiosis puede ser correlacionada con desorganización meiotica en Balilla-4X (He *et al.*, 2010).

En el género *Paspalum* los tetraploides naturales son apomícticos y no existen individuos de reproducción sexual, por lo tanto, la duplicación de cromosomas a partir de plantas 2x de reproducción sexual es la manera más directa para la obtención de plantas tetraploides sexuales, las que podrían ser luego utilizadas como progenitores femeninos en cruzamientos de plantas sexuales por apomícticas. Con el uso de la colchicina Sartor *et al.* (2004) y Quarin *et al.* (2001), obtuvieron plantas autotetraploides de *Paspalum* a partir de plantas diploides.

La colchicina es un compuesto que se ha utilizado como inductor de poliploidía en *Aloe vera*, y constituye una vía rápida para lograr la obtención de plantas con mayor variabilidad genética, necesaria para iniciar programas de selección. Los primeros en aplicar colchicina en sábila con el objeto de inducir poliploidía fueron Imery y Cequea (2001), logrando plantas autotetraploides con un cariotipo constante de $2n = 4x = 28$.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo de investigación se estableció en la localidad de General Cepeda, Coahuila México, que se encuentra a 1480 metros sobre el nivel del mar, al sureste del estado de Coahuila, entre las coordenadas 25° 23' 02'' Latitud Norte y 101° 27' 10'' Latitud Oeste, Limita al norte con el municipio de Ramos Arizpe, al sur con los de Parras y Saltillo, al este con Saltillo y al oeste con el municipio de Parras. Con clima árido semicálido, con una temperatura media de 18 a 22°C y una precipitación anual de 400 a 500 mm. Los análisis de viabilidad de polen y estudio meiotico se realizaron en el laboratorio de Citogenética del Departamento de Fitomejoramiento de la misma Universidad.

Material Genético

El material vegetal utilizado fueron semillas provenientes de cuatro generaciones de autotetraploides de tomate de cáscara, derivadas de la población original autotetraploide inducida por colchicina (Robledo *et al*, 2011) desarrollada en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, como testigo se utilizó semillas de la Variedad Rendidora (origen Zacatepec, Morelos) de la cual se formó la población original de autotetraploides.

Establecimiento del experimento

Producción de Plántula

La siembra fue realizada el 8 de Marzo del 2013, en charolas de poliestireno de 200 cavidades, usando como sustrato peatmoss y vermiculita en una proporción de 1:1, colocando de 2 a 3 semillas por cavidad, de cada uno de los materiales genéticos de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brote.) fueron cubiertas con polietileno y cuando se inició la germinación se colocaron dentro de contenedores con agua a una altura de 3 cm. El desarrollo de las plántulas fue realizado en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, a una temperatura de 25 °C y una humedad relativa 65 % como se muestra en la Figura 1.





Figura 1. Producción de plántulas de tomate de cáscara tetraploides y diploide en el invernadero en el 2013.

Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó el 10 de marzo del 2013, esto consistió en realizar barbecho para aflojar el suelo y al final el surcado, implementando 5 camas en total, cada una tuvo una altura de 0.4 metros, una longitud de 5 metros, con un ancho de cama de 1.8 m. Para la fertilización del suelo se incorporó un kilogramo de humus en cada cama, dentro de una zanja, las cuales se taparon deslizando una madera. Se colocó la cintilla para el sistema de riego y el acolchado plástico negro (polietileno color negro con 30 micrones de espesor), finalmente se taparon las orillas de plástico, para evitar movimiento por efecto del aire.

Establecimiento en campo

Trasplante

El trasplante se realizó 27 días después de la siembra, en un suelo saturado de humedad para evitar fallas en el cultivo, el trasplante fue de 2 a 3 plantas por cavidad en hileras simples como se observa en la Figura 2, teniendo una distancia entre planta de 60 cm.



Figura 2. Establecimiento de plántulas de tomate de cáscara tetraploides y diploides en General Cepeda, Coahuila.

Etiquetado

El etiquetado se hizo el mismo día del trasplante, utilizando postes de madera con etiquetas plásticas donde se escribió el número de repetición y generación.

Manejo del Cultivo

Riego

Cada riego se aplicó en promedio de 5 horas cada 2 días en el sistema de riego por goteo, usando goteros con un gasto de un litro por día.

Fertilización

La primera fertilización foliar fue el 17 de abril del 2013, se aplicó cuando las plantas tuvieron su primera floración. La segunda aplicación (Fertirriego) fue el 20 de abril del 2013 donde se aplicó una dosis de 2kg de nitrato de calcio, 2kg de nitrato de magnesio, 4 kg nitrato de potasio, 6 kg MAP (12-60-0). La tercera fertilización fue el 27 de abril del 2013 se aplicó una dosis de 1.75 kg de nitrato de calcio, 3.75 kg de nitrato de magnesio, 4 kg nitrato de potasio, 8 kg MAP (12-60-0), y la siguiente aplicación de fertirriego se realizó cada semana a una dosis de 750 g de fosfato de monoamónico (Cuadro 1). Con los fertilizantes mencionados se prepararon las soluciones concentradas en un tonel de 200 litros de agua para posteriormente distribuir los fertilizantes en el agua de riego.

Cuadro 1. Fertilizante en kilogramos aplicados en el tomate de cascara, durante su producción, en General Cepeda, Coahuila 2013.

FERTILIZANTE	kg	N	P	K
CaNO ₃	3.75	0.58125		
MgNO ₃	5.5	0.605		
KNO ₃	20	2.4		9
MAP (12-60-0)	31	3.72	18.6	
fosfonitrato	23.5	7.755	0.705	
KH ₂ PO ₄	9		4.68	3.06
sulfato de K	27			13.5
	kg bruto	15.06125	23.985	25.56
	kg reales	15.06125	10.5534	21.2148
	kg/ha	43.0321429	30.1525714	60.6137143

Control de plagas y enfermedades

Para prevenir el ataque de algunas plagas y la presencia de enfermedades se aplicaron algunos químicos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Productos químicos aplicados como preventivos a la incidencia de plagas y enfermedades en el estudio de tomare de cascara, en General Cepeda, Coahuila 2013.

FERTILIZANTE	CANTIDAD APLICADA	FECHAS DE APLICACIÓN
Danapyr Mc	20 ml/20 Litros de agua	04/05/2013
Permetrina	20 ml/20 Litros de agua	10/05/2013
Metamidofos	20 ml/20 Litros de agua	18/05/2013
Dinapyr, Permetrina	20 ml/20 Litros de agua	24/05/2013
Cipermetrina	20 ml/20 Litros de agua	09/06/2013
Pateador 5 EC	20 ml/20 Litros de agua	26/06/2013

Deshierbes

Se llevaron a cabo cada dos semanas, con el fin de evitar problemas de competencia por agua, nutrientes, luz y eliminar posibles plagas y enfermedades; dicha labor se realizó manualmente.

Diseño y Análisis Estadístico

Para el estudio del material vegetativo se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones cada unidad experimental, formada por 30 plantas con una separación de 60 cm entre plantas y 1.8 m de separación entre camas, para evaluar la significancia en componentes de rendimiento y calidad de fruto, considerados en función de cuatro generaciones de autotetraploides y un diploide. Se realizó un análisis de varianza donde los tratamientos o factores bajo estudio fueron cuatro tetraploides y un diploide Var. Rendidora de tomate de cascara, para la comparación de medios se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Se utilizó el programa Statistical Analysis System (SAS).

Variables evaluadas

Componentes de rendimiento

Para la evaluación de los componentes del rendimiento y calidad de fruto en el diploide Rendidora y cuatro generaciones de autotetraploides, se estimaron las siguientes variables:

Rendimiento Total de Fruto (RTF)

Se determinó al momento de la cosecha pesando con una báscula digital, todos los frutos producidos por planta, de una muestra aleatoria de 8 plantas de cada una de las cuatro repeticiones, considerando la suma de tres cortes con intervalos de 15 días, en Kg/planta.

Número Total de Frutos por Planta (NTF)

Después de pesar los frutos se contó el número de frutos que se cosecharon por planta, de las mismas 8 plantas en cada una de las cuatro repeticiones, terminada la cosecha se estimó el promedio de frutos totales por planta, considerando los tres cortes.

Peso promedio de Fruto (PPF)

Se estimó del rendimiento total de frutos en gramos y fue dividido entre el número de frutos total por planta, obteniendo el peso promedio en gramos, considerando los 3 cortes.

Diámetro Polar de Fruto (DPF) y Diámetro Ecuatorial de Fruto (DEF)

Estas variables se tomaron tres frutos tomados al azar de cada una de las 8 plantas, en cada una de las cuatro repeticiones, se midió la distancia entre polos del fruto y la distancia tomada de la parte ecuatorial del fruto, con un vernier digital de precisión (AutoTEC™), para esta variable se tomó el primero, segundo y tercer corte y con ellos se estimó la media del diámetro ecuatorial y del diámetro polar.

Calidad de fruto

Sólidos Solubles Totales (SST)

Para medir esta variable se utilizó un refractómetro Atago N-1E® y fueron expresados en (°Brix), se tomaron tres frutos al azar de cada una de las 8 plantas, de cada tratamiento y en cada una de las cuatro repeticiones. El procedimiento fue el siguiente; se cortó el fruto a la mitad y se colocaron varias gotas sobre la superficie del prisma, se cerró la cubierta del prisma y se realizó la observación. Los azúcares representan el principal componente de los sólidos solubles totales y estos son una importante característica de la calidad de poscosecha en la selección de materiales sobresalientes.

Firmeza de Fruto (FIR)

Se determinó firmeza de fruto con un penetrómetro con soporte marca (Fruit Pressure Tester) equipado con un manómetro de fuerza de 0 a 13 Kg FT-327, y puntilla de 8 mm de diámetro, para esto se retiró la cutícula de cada

fruto, se introdujo la puntilla de un solo impulso para medir la fuerza necesaria para penetrar 1 cm del tejido de la pulpa de fruto del tomate, se tomaron dos lecturas por frutos y se reportaron (Kg/cm). La estimación de la firmeza es importante en la evaluación de la susceptibilidad de la fruta a daños físicos o mecánicos o manejo de poscosecha, la estimación se realizó de la siguiente forma:

$$\text{Área de la plantilla} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{(3.1416) (0.8\text{cm})^2}{4} = 0.502656\text{cm}^2$$

$$\text{Área de 1 cm} = \frac{(1\text{cm}) (0.502656\text{cm}^2)}{0.8\text{cm}} = 0.62832\text{cm}^2$$

$$\text{Firmeza de fruto en Kg/cm}^2 = \frac{(\text{ACM}) (\text{LP})}{(\text{AP})}$$

Dónde:

ACM= Área de 1 cm

LP= Lectura del penetrómetro directo

AP= Área de la puntilla

Análisis de viabilidad de polen

Para el estudio de viabilidad de polen se colectaron tres flores por planta de cada una de las repeticiones entre 8:00 y 9:30 de la mañana, posteriormente se colocaron en bolsas de papel estraza y se llevaron al laboratorio de Citogenética para su análisis. Se sacudió el polen de cada flor sobre un portaobjetos procurando que la distribución fuera uniforme, se depositó una gota de colorante acetocarmín al 1%, encima se colocó un cubreobjetos y después de 5 a 10 segundos se procedió a la observación al microscopio.

Los granos de polen redondeados y coloreados de rojo se consideraron viables y los constreñidos y sin teñir, no viables (Stone *et al.*, 1995), los conteos de polen se efectuaron en dos campos del microscopio por preparación, se contabilizó el número de granos de polen viables e inviables y se estimó el porcentaje de viabilidad (Barcelos *et al.*, 2004; Soares *et al.*, 2008).

Todas las observaciones se hicieron con el objetivo 40X en un microscopio compuesto Carl Zeiss con cámara digital Pixera Winder Pro y un software de medición Axion Visión versión 4.8. Los resultados de viabilidad se expresaron en porcentaje de polen teñido, debido a que los no teñidos se consideraron inviables.

Análisis Meiótico

El análisis meiótico se realizó para verificar si la condición poliploide se mantenía por generaciones, además para estudiar el tipo de apareamiento cromosómico. Para ello se muestrearon un total de 16 plantas de las cuatro generaciones de autotetraploides y se analizaron cuatro células por individuo. Asimismo, se analizaron 4 plantas de la variedad Rendidora. Cuando las plantas estaban en floración se colectaron botones florales de plantas individuales se pasaron a una solución fijadora Farmer (3:1 etanol: ácido acético glacial) por 24 horas. Con la finalidad de matar instantáneamente el tejido y fijar las fases de la división celular. Los botones fijados se colocaron en cajas de Petri con agua destilada para extraer las anteras, las cuales se depositaron en portaobjetos con una gota de acetocarmín.

Después se cortaron en mitades las anteras para liberar los microsporocitos. Posteriormente se eliminaron los residuos de las envolturas de las anteras, se colocó encima de los microsporocitos un cubreobjetos y se calentó la preparación en una parrilla y se presionaron los microsporocitos suavemente de forma manual y sin movimientos laterales sobre un papel filtro, en seguida se observó al microscopio, si los microsporocitos están sobrecolorados se agregó una gota de ácido propiónico por los bordes del cubreobjeto y se volvió a presionar y a dar calor. Esto se hace varias veces hasta que se obtiene una buena diferenciación de color entre los cromosomas y el citoplasma (García, 1990).

Las células se analizaron en diacinesis de la profase I de la meiosis se evaluaron el número y tipo de configuraciones: univalentes, bivalentes, trivalentes y cuadrivalentes por célula. Todas las observaciones se hicieron con el objetivo 100X en un microscopio compuesto Carl Zeiss con cámara digital Pixera Winder Pro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza para el rendimiento total y número de frutos por planta no tuvieron diferencias significativas ($P > 0.05$). Sin embargo, para el peso promedio de fruto y el diámetro ecuatorial fueron significativos al ($P < 0.05$), así como el diámetro polar de fruto presentó una diferencia altamente significativa al ($P < 0.01$). El RTF y NFP presentaron coeficientes de variación altos 23.3% y 39.5% respectivamente, si se considera desde el punto de vista genético, este resultado pudiera ser el reflejo de la amplia variación presente entre las generaciones tetraploides y el diploide, al ser características poligénicas son fuertemente afectadas por factores ambientales, es necesario estudiarla a fin de comprobar si su origen es ambiental y/o genético (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza y valores de F, aplicado a los componentes de rendimiento de los cuatro tetraploides y el diploide Var. Rendidora en tomate de cáscara.

Cuadros Medios y Valores de F											
FV	GL	RTF	F	NF	F	PPF	F	DPF	F	DEF	F
Repeticiones	3	0.04	1.25ns	203.72	1.99ns	0.14	0.33ns	0.71	3.95*	1.07	3.28*
Tratamientos	4	0.08	2.34ns	74.87	0.73ns	1.90	4.40*	1.32	7.33**	1.30	3.96*
Error	12	0.03		102.28		0.43		0.18		0.32	
CV (%)		23.3		39.54		13.65		8.34		9.67	

RTF= Rendimiento total de fruto, NF= Número de frutos, PPF= Peso promedio de fruto, DPF=Diámetro polar de fruto, DEF=Diámetro ecuatorial de fruto, CV= Coeficiente de variación, NS= no significativo (P>0.05), * significativo (P<0.05), ** altamente significativo (P< 0.01).

Rendimiento Total de Fruto (RTF)

En los resultados obtenidos de RTF respecto a la comparación de medias no se encontraron diferencias significativas ($P \geq 0.05$) entre el diploide Var. Rendidora y las cuatro generaciones de autotetraploides, indicado que estadísticamente todos los tratamientos son iguales. En la Figura 3 se puede observar que el mayor valor fue presentado por la Var. Rendidora (Diploide) con un rendimiento de 1.166 kg/planta, mientras que los valores de cuatro generaciones en cuanto al rendimiento oscilaron entre 0.7 a 0.700 kg/planta, cabe mencionar que los valores más bajos fueron obtenidos por las generaciones tetraploides, el más bajo rendimiento entre los tratamientos tetraploides fue la G1T (0.52 kg/planta), el que presentó el mayor fue la G2T (0.5848 kg/planta).

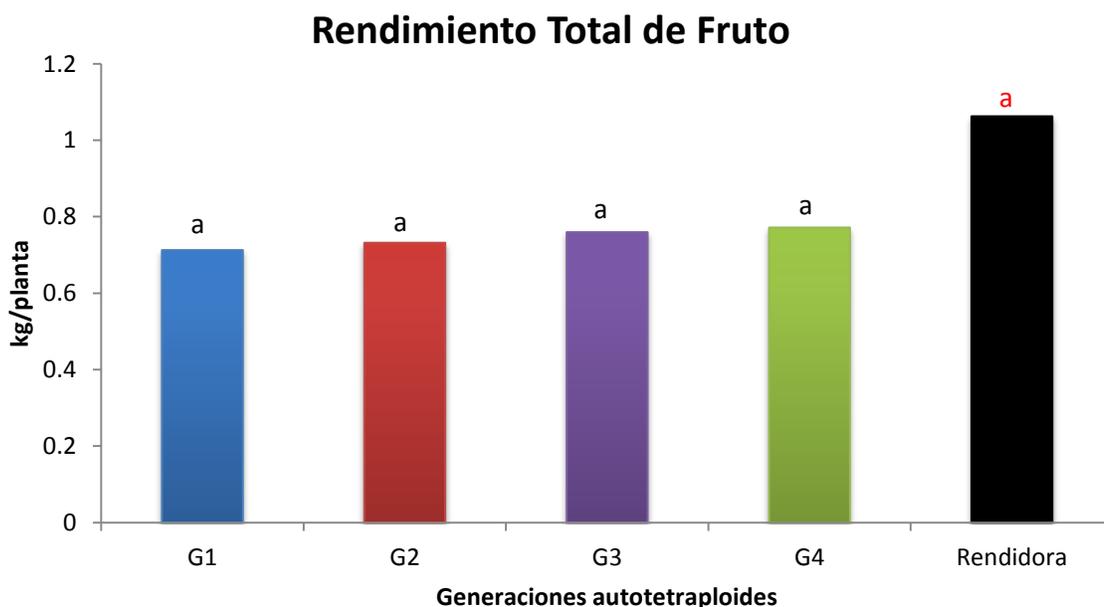


Figura 3. Rendimiento de fruto, comparación de cuatro generaciones de tetraploides y el diploide Var. Rendidora de tomate de cascara.

En esta investigación se encontró que los tetraploides fueron menores a la observada en los diploides, ya que diploide superó el 6.5% del rendimiento medio de los tetraploides. Resultados que difieren a los encontrados por Ramírez (2013), quien encontró diferencias altamente significativas en rendimiento al comparar poblaciones diploides y tetraploides de tomate de cáscara; una explicación de la reducción del rendimiento en este trabajo, tal vez se debió al uso de semilla de generaciones formadas a partir de una población muy reducida de plantas conduciendo a una endogamia, además otra causa que pudo llevar a bajos rendimientos al paso de generaciones.; es que la formación de autotetraploides de origen artificial tienden a ser autofértiles como menciona Ramírez (2013).

Número Frutos por Planta (NFP)

El NFP es altamente afectado por condiciones climáticas como la humedad relativa, alta y baja temperatura, se puede resaltar en esta investigación que el Diploide Var. Rendidora presentó un valor alto (33.114 frutos/planta) con respecto al resto de los tratamientos, los tratamientos que resultaron con menor número de fruto por planta fueron los tetraploides G1T 24.398 frutos/planta y G3T 24.876 frutos/planta (Figura 4). Además se encontró que el mayor NFP de la Var. Rendidora (Diploide) coincide con el mayor rendimiento, sin embargo el tetraploide G4T presento una mayor cantidad de frutos por planta y un rendimiento bajo, a consecuencia que los frutos fueron pequeños; pero estadísticamente todos los tratamientos son iguales.

Brown *et al.*, (2002), mencionan que los factores más importantes para obtener mayor número de frutos está relacionado con la elongación del tubo polínico y amarre de frutos, lo cual en esta investigación pudo ser debido a las condiciones ambientales de altas y bajas temperaturas la cual afecto la polinización adecuada y además a las causas antes mencionadas.

Ponce (1995), indica que el número de frutos por planta se asocia a las partes morfológicas de estas; el número depende en gran medida del tipo de inflorescencias que poseen los cultivares.

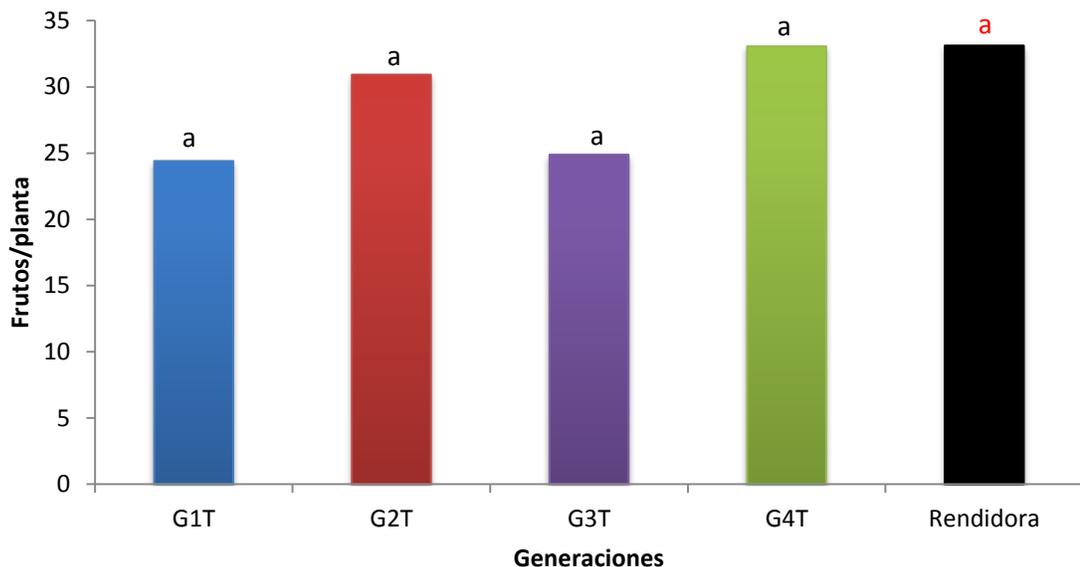


Figura 4. Número de fruto, comparación de cuatro generaciones de tetraploides y el diploide Var. Rendidora.

Peso Promedio de Fruto (PPF)

El PPF es uno de los componentes más importantes que contribuyen al rendimiento en el cultivo de tomate de cáscara, y en la presente investigación

se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos bajo estudio (Cuadro 4). Se encontró que el tratamiento diploide Var. Rendidora tuvo mayor peso (36.131 g), seguido del tetraploide G3T (23.988 g), el tratamiento que obtuvo el menor peso de fruto fue la G4T (18.071 g) dado que este material presentó frutos muy pequeños pero en gran cantidad (Figura 5).

Escalante (1989), dice que a mayor tamaño de fruto se tiene menor número de frutos. Esto se corrobora por las características de cada cultivar ya que los fotosintatos que asimila la planta en algunos casos aumenta el número de frutos y en otros aumenta el tamaño. Antonio y Solís (1999), demostraron que al aumentar el peso del fruto se redujo el número de ellos por planta.

Cruz (2001), señala que no existe un indicador preciso del momento óptimo de cosecha para el fruto de tomatillo, sin embargo, se consideran como frutos comercialmente maduros aquellos que llenaron o incluso rompieron la bolsa (cáliz) de protección y que además tienen una coloración verde-amarillenta.

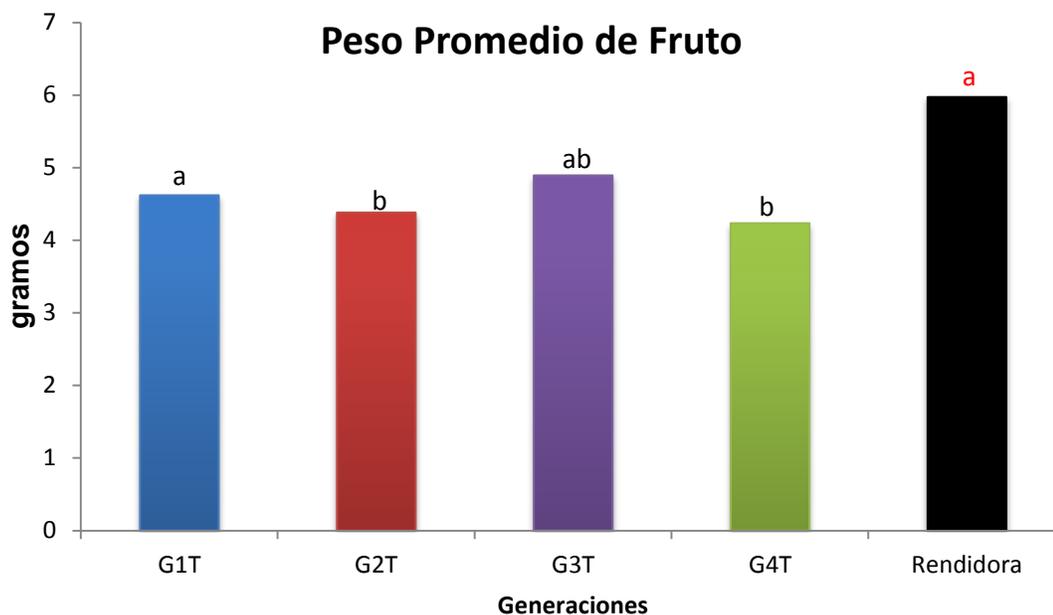


Figura 5. Peso promedio de frutos por planta en el cultivo de tomate de cáscara, comparación de cuatro generaciones de tetraploides y el diploide Var. Rendidora evaluado en General Cepeda, Coahuila 2013.

Diámetro Polar de Fruto (DPF)

El DPF es una variable que contribuye tanto al tamaño y forma del fruto, además el tamaño del fruto está relacionado con la calidad. En la presente investigación se puede observar que el diploide Var. Rendidora presentó valores más altos (36.84 mm), a diferencia del resto de los tratamientos, los valores más bajos se observaron en el tetraploide G1T (28.976 mm) (Figura 6). Las generaciones G2T 26.415 mm y el diploide Var. Rendidora 36.84 mm son

estadísticamente iguales, mientras que los tratamientos G1T, G3T, G4T son diferentes.

Sasaki y Utsunomiya (2002) indican que el tamaño de la flor está relacionado con el tamaño de fruto y los reguladores del crecimiento tienen efecto en el tamaño de fruto. La forma ovalada o achatada del fruto de las cuatro generaciones de autotetraploides en tomate de cáscara, es debido a que el diámetro ecuatorial fue más grande que el diámetro polar, coincidiendo con híbridos triploides obtenidos en otras especies por diferentes autores (Nugent y Adelberg, 1995; Aleza *et al.*, 2009a; Rhodes y Zhang, 2000).

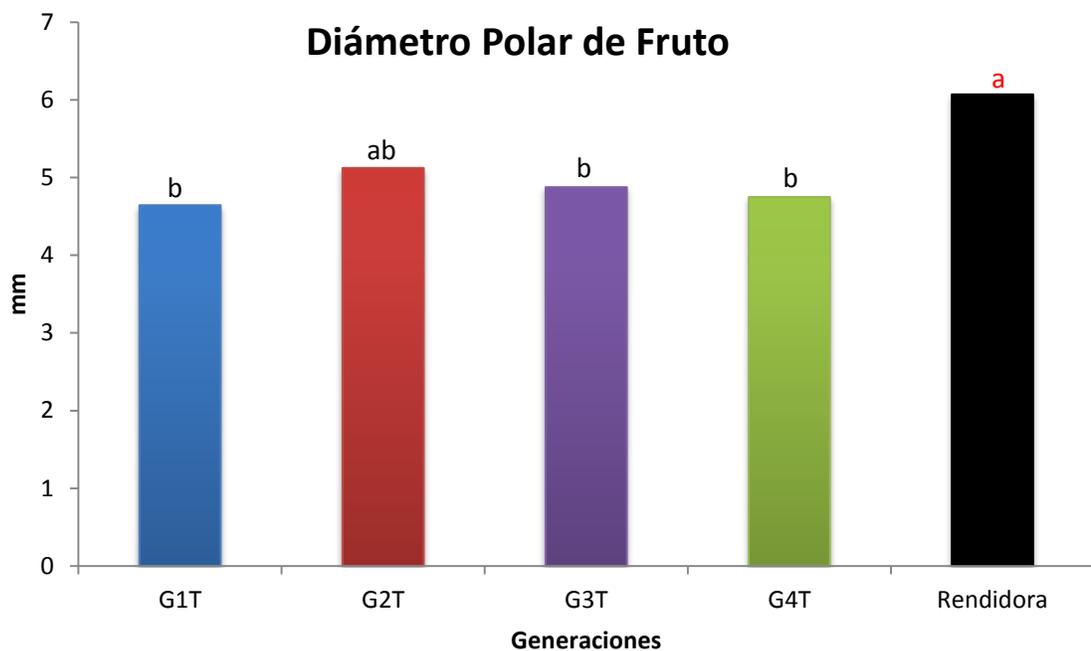


Figura 6. Diámetro polar de fruto, comparación de cuatro generaciones de tetraploides y el diploide Var. Rendidora de tomate de cáscara.

Diámetro Ecuatorial de Fruto (DEF)

El DEF es una variable que en conjunto con la variable anterior (Diámetro polar) determinan el tamaño de fruto.

En la presente investigación se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en lo que respecta a esta variable. De acuerdo a la comparación de medias, el diploide Var. Rendidora fue el que tuvo los mayores valores (46.588 mm), aunque fue estadísticamente igual ($P > 0.05$) a tres generaciones tetraploides G2T 37.28, G3T 33.075 y G4T 32.388 mm, y estadísticamente diferente al tratamiento G1T 28.976 mm (Figura 7).

Los valores máximos y mínimos de diámetro ecuatorial oscilaron en cada población de los tetraploides de 28.97 a 37.28 mm y el diploide de 38.00 a 46.58 mm, respectivamente de acuerdo con la clasificación que hace Hidalgo *et al.*, (1998), todos los tratamientos se clasifican como tomates de tamaño mediano.

En este estudio se encontró que el DEF fue más alto que el DPF coincidiendo con lo reportado por Ramírez *et al.*, (2013), quienes encontraron que la duplicación cromosómica en tomate de cáscara contribuyó a la modificación de la forma de frutos, resultando estos de forma achatada de los polos, dejando huecos entre el endocarpio y mesocarpio, característica que puede ser mejorada por selección de plantas.

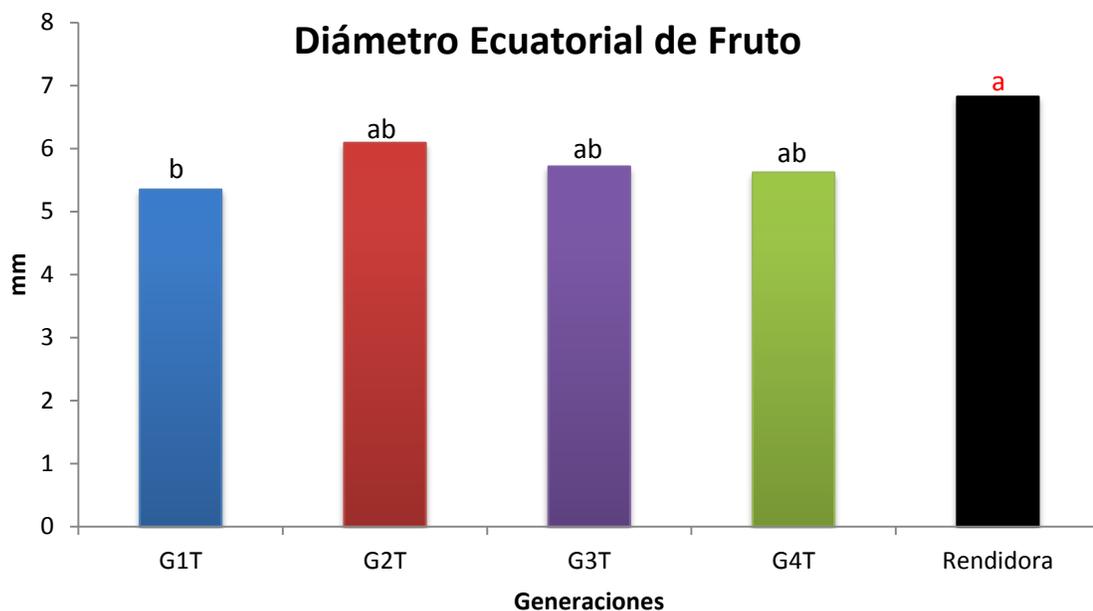


Figura 7. Diámetro ecuatorial del fruto en el cultivo de tomate de cascara, estudiados en General Cepeda, Coahuila.

Calidad de fruto en tomate de cascara

En relación a características de calidad de fruto, se encontraron diferencias estadísticas significativas, para sólidos solubles totales ($P < 0.01$), indicando que las generaciones tuvieron un comportamiento diferencial al diploide bajo estudio.

Entre los tratamientos bajo estudio se encontró amplia variabilidad en FF, que se manifiesta con diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0.01$) entre ellas (Cuadro 4); estadísticamente los diploides fueron superiores en FF a los tetraploides (Figura 9). La baja firmeza de fruto en los tetraploides fue

debido a que éstos presentaron un llenado parcial con un hueco entre el endocarpio y mesocarpio.

Cuadro 4. Cuadros Medios del análisis de varianza y valores F aplicado a características de calidad de fruto de los cuatro tratamientos tetraploides y un diploide Var. Rendidora en tomate de cascara.

Cuadros Medios y Valores de F							
FV	G L	SST	F	FF	F	VP	F
Repeticiones	3	0.03	2.89ns	0.17	2.21ns	1.94	2.26ns
Tratamientos	4	0.17	13.65 **	0.35	43.34**	1.78	2.08ns
Error	12	0.013		0.008		0.85	
CV (%)		4.68		6.16		11.31	

FF= Firmeza de Fruto, SST= Soluciones Solubles Totales,= Viabilidad de Polen, CV= Coeficiente de variación, NS= no significativo (P>0.05), * significativo (P<0.05), ** altamente significativo (P< 0.01).

Solidos Solubles Totales (SST)

En la maduración, uno de los cambios mas notables ocurre en la hidrólisis de almidón, hay un rompimiento de las cadenas largas dando lugar a un aumento de azucres simples como glucosa, fructosa y sacarosa, lo cual se expresa en el sabor, generando un incremento en la dulzura, de manera paralela y específicamente en aquellos carbohidratos que constituyen la estructura celular (Mejia, 2013).

El contenido de SST, es una variable muy importante, que está estrechamente relacionada con el sabor del fruto y con la acumulación de azucres por parte de la planta. En la figura 9 se muestra que el tratamiento

G1T presentó el valor mas alto (6.9535 °Brix) seguido del tratamiento G3T 6.6418 °Brix, mientras que Var. Rendidora (diploide) mostro el valor mas bajo (4.4403 °Brix) (Figura 8). Encontrandose diferencias significativas al ($P < 0.05$), entre las medias del diploide y las cuatro generaciones de autotetraploides. Al respecto, se observa que los tetraploides tienen una mayor eficiencia para sintetizar sólidos solubles totales (azúcares, ácidos orgánicos, aminoácidos), debido a que las generaciones tetraploides fueron estadísticamente superiores al diploide, aunque dentro de las cuatro generaciones no hubo diferencias.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Gordillo-Moreno *et al.* (2006), quien al estudiar progenitores e híbridos de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) indujo variabilidad genética en las poblaciones estudiadas y se reflejó en diferencias significativas entre las mismas.

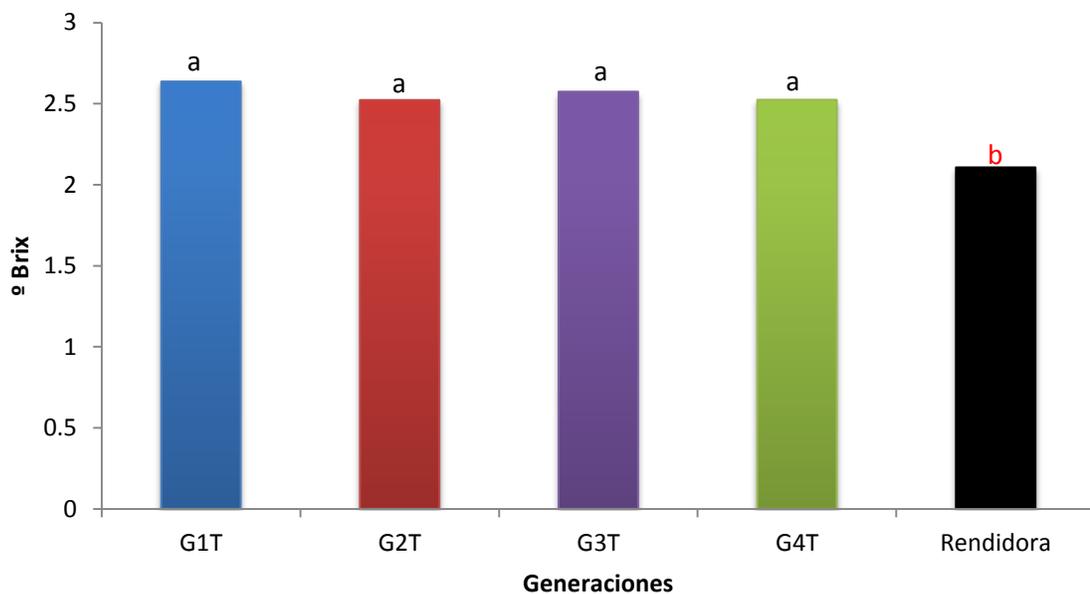


Figura 8. Sólidos solubles totales, comparación de cuatro generaciones de tetraploides y el diploide Var. Rendidora *Physalis ixocarpa* Brot.

Firmeza de Fruto (FF)

La firmeza de fruto de tomate es un parametro que mide la resistencia de penetracion de los tejidos de fruto. Este es un factor importante ya que la firmeza generalmente esta relacionada con la sanidad del fruto, la concentración de azucares, el pH, el sabor y el aroma del fruto, sobre todo al alcanzar la etapa de consumo.

Esta variable (Figura 9) muestra claramente que el tratamiento Var. Rendidora (diploide) mostró el valor mas alto (3.973 kg/cm^2) entre los tratamientos y el valor mas bajo fue el tratamiento G1T (1.619 kg/cm^2), pero estadisticamente la Var. Rendidora es diferente a los demás tratamientos. La baja firmeza de fruto en los tetraploides fue debido a que éstos presentaron un llenado parcial con un hueco entre el endocarpio y mesocarpio por lo tanto en la evaluación de tetraploides y para un proceso de selección se deberá de evitar ésta característica negativa.

Estos resultados podría estar relacionada con lo encontrado por Tomekpe *et al.* (2004) en banana, donde la perdida de firmeza fue debido al alto contenido de agua en los frutos tetraploides que maduran y se ablandan rápidamente. Además de acuerdo con Ospina *et al.* (2007), pudo haber influido el estado de la fruta en el momento de recolección, de la temperatura y forma de almacenamiento.

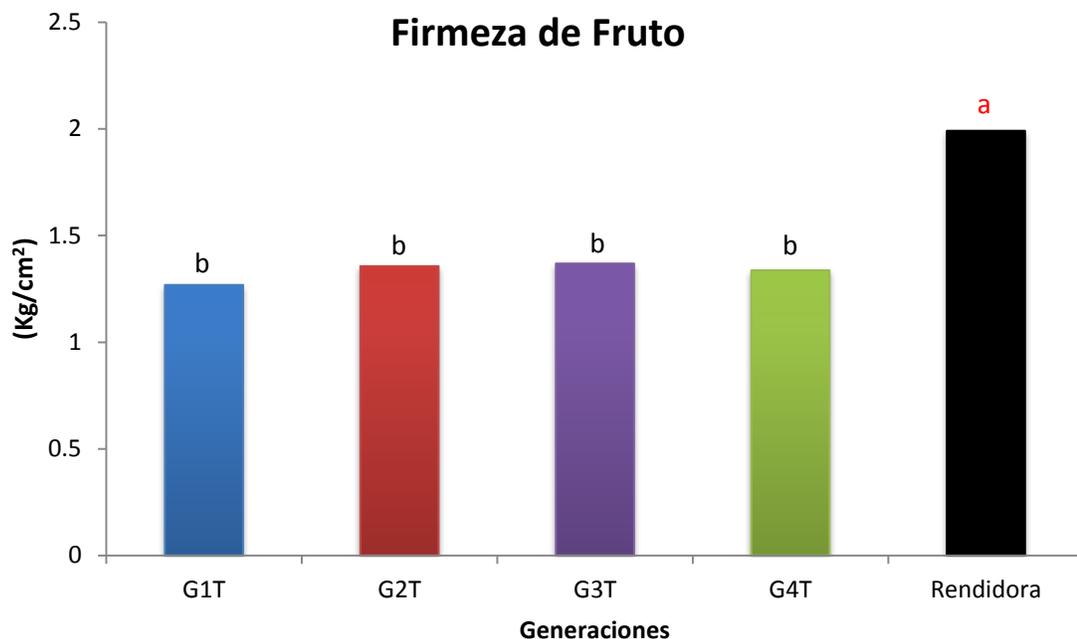


Figura 9. Firmeza de fruto en el tomate de cáscara *Physalis ixocarpa* Brot. en cuatro generaciones (tetraploides) y un diploide Var. Rendidora.

Viabilidad de polen

En el cuadro 5 se muestran los valores medios del porcentaje de polen desarrollado de un total de 60 plantas de cuatro generaciones de autotetraploides y el diploide, en las cuales el valor más alto de viabilidad de polen se encontró en el diploide Var. Rendidora (82.52%), mientras que los tetraploides presentaron una viabilidad de 56.33 a 73.12%. El diploide presentó aproximadamente 26.19 a 35.37% más viabilidad de polen que los tetraploides (Figura 10). Dicha superioridad se esperaba ya que, por ser la variedad rendidora diploide presenta estabilidad cromosómica lo que lleva a tener altos

valores de viabilidad y fertilidad de polen. Stebbins (1947), menciona que los autopoliploides presentan multivalentes en meiosis, lo cual provoca una baja viabilidad de polen y por lo tanto fertilidad reducida. En el caso de la población autotetraploide de tomatillo, la viabilidad de polen reducida no originó problemas de infertilidad. El análisis de varianza no indicó diferencias significativas para viabilidad de polen entre generaciones y el diploide variedad rendidora ($p = 0.09$, $F=2.56$).

De acuerdo con los resultados de viabilidad de polen, se observa que la viabilidad de los tetraploides disminuye conforme avanzan la formación de generaciones. Además se observó que la duplicación del genoma en tomatillo produjo una reducción en la viabilidad del polen. Estos resultados son consistentes con los obtenidos en otras especies autopoliploides (Arbo y Fernández, 1983; Fernández, 1987).

Cuadro 5. Media y desviaciones estándar del porcentaje de viabilidad de polen en cuatro generaciones de autotetraploides y el diploide rendidora de *P. ixocarpa*.

Generaciones	Plantas	Viabilidad de polen (%)	
		Media	Desviación estándar
G1	12	73.12	7.51
G2	12	69.01	1.87
G3	12	56.33	9.53
G4	12	60.02	2.81
Rendidora	12	82.52	20.20

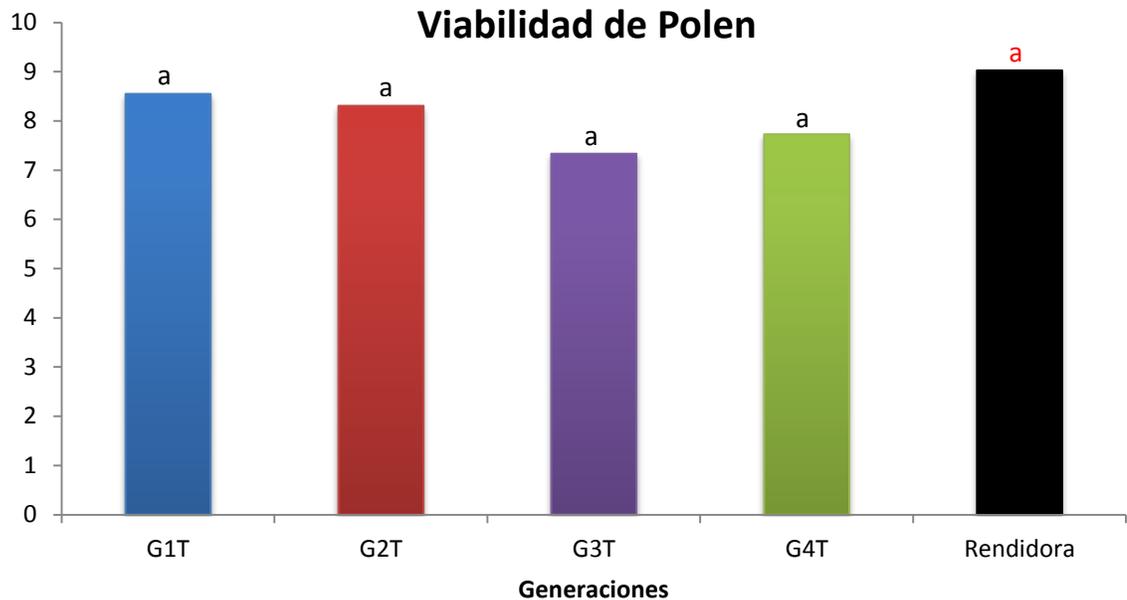


Figura 10. Viabilidad de polen, comparación de cuatro generaciones de tetraploides y el diploide Var. Rendidora de tomate de cascara.

Análisis Meiótico

De acuerdo con el análisis meiótico en diacinesis (Figura 11) realizado en 4 plantas de cada una de las cuatro generaciones estudiadas, se encontró sin excepción la presencia de un genoma duplicado con respecto al testigo, lo cual indica que la tetraploidía se mantiene a través del linaje de la población inicialmente tratada con colchicina, ya que todas las plantas analizadas mostraron un complemento de cromosomas $2n = 4x = 48$. La permanencia de la condición tetraploide a lo largo de estas generaciones, sin pérdida notable de la fertilidad, indica que el genoma duplicado se podría mantener indefinidamente, y que sería susceptible de ser utilizado en un programa de mejoramiento genético de tomate de cáscara.

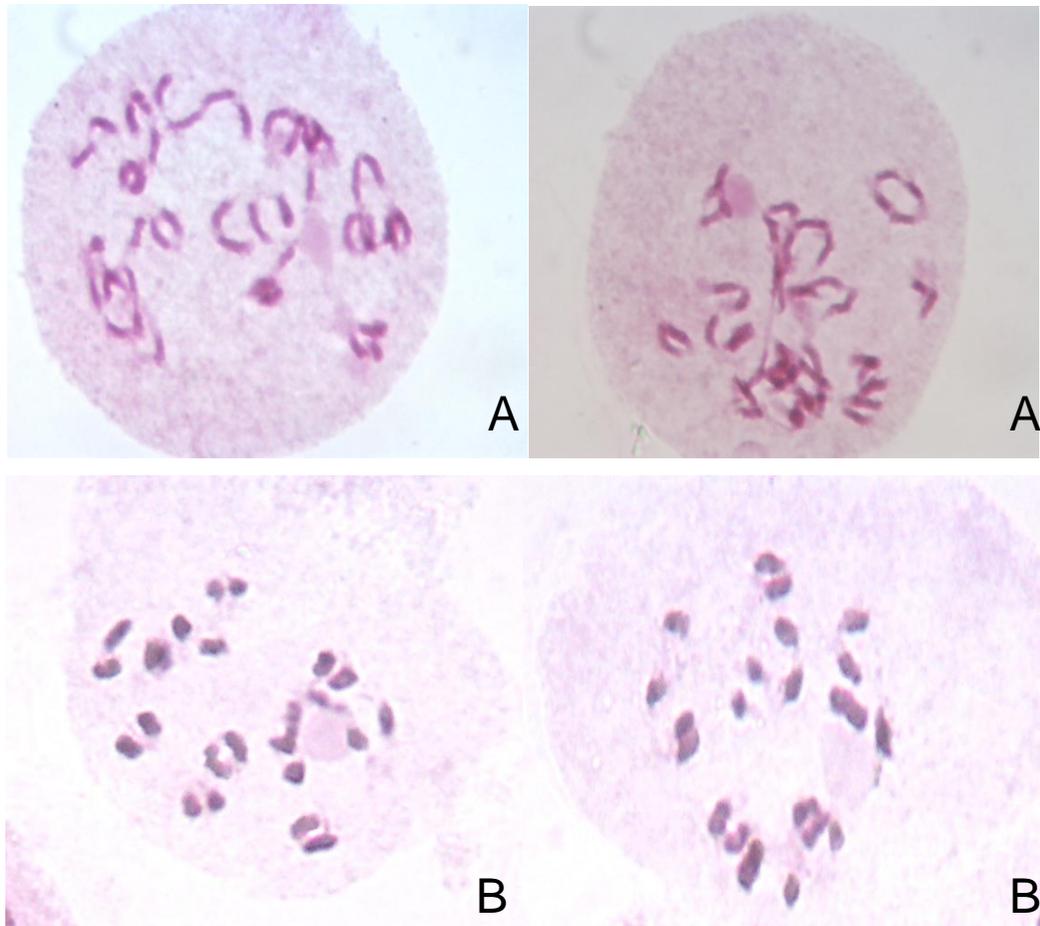


Figura 11. Configuraciones cromosómicas observadas en células en diacinesis de *Physalis ixocarpa* Brot. (A) tetraploides $2n = 4x = 48$, (B) diploides $2n = 2x = 24$. 100X.

En el análisis de las configuraciones cromosómicas se observaron univalentes, bivalentes y trivalentes, y una cantidad reducida de cuadrivalentes. En el cuadro 6 se detallan los números observados para las diferentes configuraciones en 4 plantas de cada generación, representada cada una con 16 células. Por lo que respecta a la variedad Rendidora, solamente se observaron 12 configuraciones bivalentes por célula, consistentes con un número cromosómico $2n = 2x = 24$.

Se obtuvo un promedio general de las cuatro generaciones de 2.70 univalentes con una desviación estándar de 0.99 mientras que en bivalentes fue de 19.17 con una desviación estándar 1.50, en tanto que la media de trivalentes fue de 1.73 con una desviación estándar 0,82, para cuadrivalentes se observó un promedio de 0.43 con una desviación estándar de 0.52. Esto muestra que hay en promedio mayor número de cromosomas involucrados en apareamientos bivalentes (39.94%), que en univalentes (5,63) trivalentes (3.60) y cuadrivalentes (0.89). Estos números explican en parte el hecho de que la fertilidad se mantenga en la población.

Al respecto, en autotetraploides artificiales de *Hyoscyamus niger*, también se observó una alta fertilidad con una alta prevalencia de bivalentes (Lavania *et al.*, 1991). La condición autotetraploide no previene la formación de bivalentes, con la posibilidad incluso de que todos los apareamientos sean de este tipo, aun cuando estos se compongan de conjuntos diferentes de dos cromosomas y den lugar a segregación del tipo polisómico (Carputo *et al.*, 2006), univalentes (5.63) y trivalentes (3.61), mientras que de cuadrivalentes fue de (0.91). El incremento significativo en número de bivalentes por generación no se vio reflejado en una mayor viabilidad de polen, sin embargo no se descarta que esto pueda observarse a lo largo de un mayor número de generaciones, especialmente si se establece un esquema de selección hacia regularidad meiótica.

Cuadro 6. Medias y desviaciones estándar de número de configuraciones cromosómicas en cuatro generaciones de autotetraploides de *P. ixocarpa*.

Generaciones	Plantas	Células	I	DS	II	DS	III	DS	IV	DS
G1	4	16	2.56	1.22	18.81	1.50	1.68	0.68	0.68	0.68
G2	4	16	2.18	0.72	19.68	1.31	1.56	0.60	0.43	0.49
G3	4	16	3.00	0.93	18.87	1.90	2.00	1.17	0.31	0.46
G4	4	16	3.06	1.08	19.31	1.31	1.68	0.84	0.31	0.46
Total	16	64	2.70	0.99	19.17	1.50	1.73	0.82	0.43	0.52

G1-G4=Generaciones de autotetraploides, I=Univalentes, II=Bivalentes, III=Tetravalentes, IV=Cuadrivalentes, DS=Desviación estándar

En la Figura 12 se observa un incremento y mantenimiento de bivalentes a lo largo de las cuatro generaciones y una disminución de cuadrivalentes a través de las generaciones, lo cual es un indicador de que se mantiene una tendencia hacia la regularidad meiótica. El número elevado de bivalentes entre plantas dentro de cada generación, señala la posibilidad de seleccionar individuos para estabilidad meiótica. También en autotetraploides artificiales de *Hyoscyamus niger* se observó un aumento de bivalentes a lo largo de tres generaciones (Lavania *et al.*, 1991).

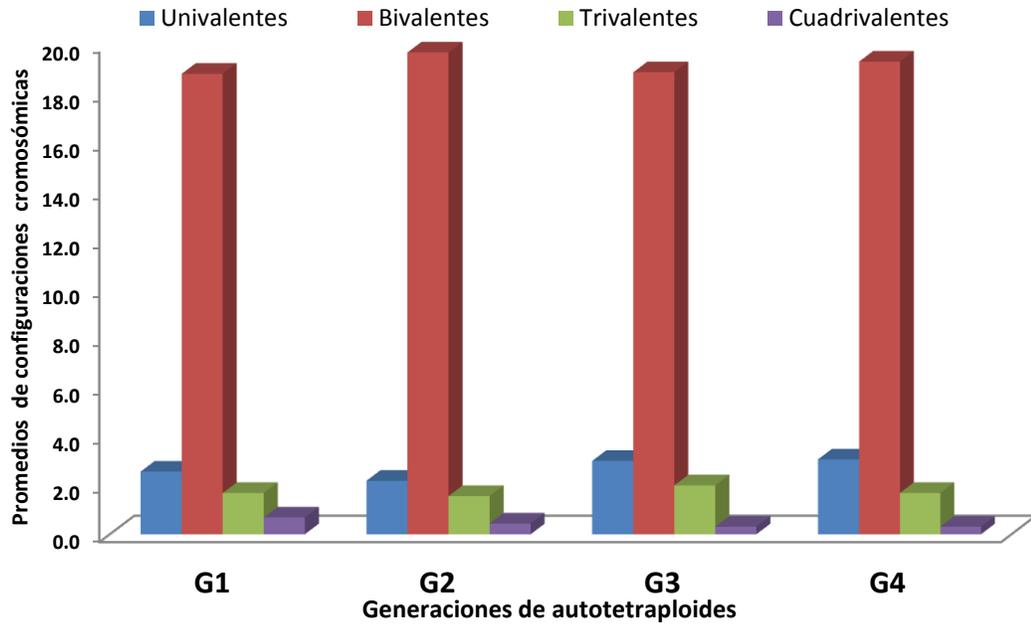


Figura 12. Promedio de configuraciones cromosómicas a través de cuatro generaciones consecutivas de autotetraploides de *P. ixocarpa*.

CONCLUSIONES

Los componentes de rendimiento y calidad de fruto se vieron afectados por la formación de cuatro generaciones de polinización cruzada en comparación con el diploide original por problemas de endogamia

Los tetraploides son autofértiles de tal manera que se puede presentar endogamia que puede conducir también a la reducción del rendimiento, sin embargo al hacer selección en un futuro podrá realizarse la formación de híbridos de tomate de cáscara.

No se muestra variación entre generaciones para viabilidad de polen, y aunque es relativamente baja, no se observó afectación de la fertilidad.

La autoploidía se mantiene a través de las generaciones de reproducción cruzada derivadas de plantas de *P. ixocarpa* cuyo genoma fue duplicado con colchicina.

Se observa una tendencia al incremento de apareamientos meióticos bivalentes, indicio de aproximación hacia la regularidad meiótica.

LITERATURA CITADA

- Aguilar Z., R y M.I. Méndez J. 2004. Descripción varietal de tomate de cascara. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 104 p.
- Arbo M.M. y Fernández A. 1983. Posición taxonómica, citología y palinología de tres niveles de ploidía de *Turnera subulata* Sm. *Bonplandia* 5:211-226.
- Antonio, A. Solis, V. 1999. Evaluación del rendimiento, calidad, precocidad y vida de anaquel de 21 genotipos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero en Chapingo, México. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México. 86 p.
- Aleza P, Juárez J, Ollitrault P, Navarro L. 2009a. Production of tetraploid plants of non-apomictic citrus genotypes. *Plant Cell Reports* 28(12):1837-1846.
- Alfonsi C, Cequea H. 2000. Cytogenetic analysis of the artificial tetraploid *Lycopersicon esculentum* var *cerasiforme*. *Ciencia* 8(2): 119-126.
- Anónimo. 1993. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Tomo I. D. F., México. pp. 215- 217.

Ayala PJP, Peña LA, Mulato BJ. 1992. Caracterización de germoplasma de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en Chapingo, México. *Revista Chapingo* 79/80:128-137.

Barcelos CM, Kaltchuk SE, Mundstock EC, Bodanese ZMH. 2004. Initial segmentation patterns of microspores and pollen viability in soybean cultured anthers: indication of chromosome doubling. *Braz. Arch. Biol. Techn.* 47:703-712.

Bünger KS, Bangerth F. 1982. Relationship between cell number, cell size and fruit size of seeded fruits of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.), and those induced parthenocarpically by the application of plant growth regulators. *Plant Growth Regulation* 1(3):143-154.

Brown, P.H., Bellaloui, M.A. Wimmer, E.S. Bassil, J. Ruiz, H. HU, H. Pferffer, F. Dannel y V. Römheld. 2002. Boron in Plant Biology. *Plant Biology* 4: 221-229.

Calderón, F, 1989. El cultivo hidropónico. Manual práctico. Publicidad Artes-Graficas, Diseño. Bogotá Colombia.

Cartujano, E. F. 1984. Desarrollo y fenología del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) var. Rendidora. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México. 65 p.

Carputo, D., E.L. Camadro y S.J. Peloquin (2006). Terminology for polyploids based on cytogenetic behavior: consequences in genetics and breeding. *Plant Breeding Reviews* 26:105.

Cantwell M, Flores J, Trejo A. 1992. Developmental changes and postharvest physiology of tomatillo fruits (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Sci. Horticulture Amsterdam*. 50: 59-70.

Cubero, J.I. 2003. Introducción a la mejora genética vegetal (2 ed.). Ediciones Mundi- Prensa. España. 365 p.

Chen Ch, Hou X, Zhang H, Wang G, Tian L. 2011. Induction of *Anthurium andraeanum* "Arizona" tetraploid by colchicine in vitro. *Euphytica* 181(2): 137-14.

Cruz., B. 2001. Fertilización y manejo de cosecha en la producción de fruto y semilla de tomate de cascara. Tesis de M.C. IREGEP. Colegio de Postgraduados, montecillo, Mexico.95 p.

Dressier, R. L. 1953. The Pre-Columbian cultivated plants of México. Botanical Museum Leaflets (USA) 16 (6):115-172.

Dybing, C. D y H.B. Currier 1961. Foliar Penetration by Chemicals. *Plants Physiology*. 25: 70-80.

Doyle JJ, Flagel EL, Paterson HA, Rapp AR, Soltis ED, Soltis SP, Wendel FJ. 2008. Evolutionary genetics of genome merger and doubling in plants. *Annu. Rev. Genet.* 42: 443-461.

Escalante, G. 1989. Evaluación de cinco variedades de jitomate en hidroponía bajo invernadero rustico. Tesis profesional. Departamento de fitotecnia. UACh, Chapingo, México.

Fisher G, Buitrago MT, Ludders P. 1990. *Physalis peruviana* L.-cultivation and investigation in Colombia. *Physalis peruviana* L.-Anbau and Forschung in Kolombien. *Erverbs-Obstbau* 32(8):228-232.

Fernández A. 1987. Estudios cromosómicos en Turnera y Piriqueta (Turneraceae). *Bonplandia* 6:1-21.

García VA. 1990. Técnicas y Procedimientos de Citogenética Vegetal. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 144 p.

García, R. R. 1995. Determinación de las propiedades mecánicas del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) para su manejo. DIMA. UACh. Chapingo. México. 85 p.

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.

Gordillo-Moreno E, Ramírez-Mezquitic JG, Hernández-Dávila J, Robledo-Torres V, Murillo-Soto MM. 2006. Estudio de progenitores e híbridos de tomate de cáscara. *Agrofaz* 6(1): 163-169.

Grimaldo JO, García VA, Peña LA. 1999. Morfología Cromosómica y comportamiento meiótico en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5(1) 31-35.

He YC, Wei Q, Ge J, Jiang AM, Gan L, Song ZJ, Cai DT. 2010. Genome duplication effects on pollen development and the interrelated physiological substances in tetraploid rice with polyploid meiosis stability. *Planta*. 232(5):1219-1228.

Hernández, L., A. 2003. Apuntes del curso de Análisis de Semilla. (SEM -601). Programa de Semillas (PROSEM). IREGEP. Colegio de postgraduados. Montecillo, México. (Inédito).

Hidalgo, G.J., C. Alcanter, CGA. Baca, Sánchez GP, EA, Escalante. 1998. Efecto de la condición, concentración y pH del fertilizante foliar, sobre el rendimiento y calidad de tomate Terra 16(2):143-148.

- Imery J, Cequea H. 2001. Colchicine-induce autotetraploid in *Aloe vera* L. *Cytologia* 66:409-413.
- Inzunza CJF, García VA, Carballo CA, Peña LA. 1999. Viability, pollen and seed size in husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Agricultura Técnica en México* 25(1):69-77.
- Kaensaksiri T, Soontornchainaksaeng P, Soonthornchareonnon N, Prathanturarug S. 2011. In vitro induction of polyploidy in *Centella asiatica* (L.) Urban. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 107(2):187-194.
- Kulkarni M, Borse T. 2010. Induced polyploidy with gigas expression for root traits in *Capsicum annuum* (L.). *Plant Breeding*. 129(4):461–464.
- Lavana, U., S. Srivastava y J. Sybenga. (1991). Cytogenetics of fertility improvement in artificial autotetraploids of *Hyoscyamus niger* L. *Genome* 34:190–194.
- Leitch AR, Leitch IJ. 2008. Genomic plasticity and the diversity of polyploid plants. *Science* 320:481-483.

- Liu G, Li Z, Bao M. 2007. Colchicine-induced chromosome doubling in *Platanus acerifolia* and its effect on plant morphology. *Euphytica* 157(1-2): 145-154.
- Menzel YM. 1951 The cytotaxonomy and genetics of *Physalis*. *Proc. Amer. Philos. Soc.* 95(2):132-183.
- Medina, C. J. 1996. Aplicación de micronutrientes en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en Chapingo. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México. 103 p.
- Mejía G, L.F. 2013. Evaluación del comportamiento físico y químico pos cosecha del plátano dominico harton (musa aab simmonds) cultivado en el municipio de belalcazar (caldas). Tesis Maestría. Universidad Nacional de Colombia sede Bogota. 75 P.
- Molero PT, 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.
- Moreno; Torres. 1996. Evaluación de fertilizantes orgánicos en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) variedad de CHF1- Chapingo. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México.

- Molero PT, 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.
- Montoya, J.L. 1980. Principio de la Mejora Genética de las Plantas. Instituto Nacional de investigaciones Agronómicas. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. 265-270 pp.
- Montalvo HL. 1998. Caracterización molecular y morfológica de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. p 92.
- Nugent PE, Adelberg J. 1995. Fruit characteristics of hybrid triploid melon. *HortScience* 30:821-822.
- Omran A. Mohammad BN. 2008. Polyploidization effect in two diploid cotton (*Gossypium herpaeum* L. and *G. arboreum* L.) species by colchicines treatments. *African Journal Biotechnology* 7(2):102-108.
- Ospina MDM, Velásquez CHJ, Tórres AID. 2007 Determinación de la fuerza de la fractura superficial y Fuerza de firmeza en frutas de lulo (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*). *Rev. Fac. Nat. Agr. Medellín* 60(2):4163-4178.

- Palacios, V.E.; Martínez G., A. 1978. Respuesta de los cultivos a diferentes niveles de humedad del suelo: un enfoque metodológico de investigación. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, 149 p.
- Parisod C, Holderegger R, Brochmann C. 2010. Evolutionary consequences of autopolyploidy. *New Phytol.* 186:5-17.
- Pandey KK. 1957. Genetics of self-incompatibility in *Physalis ixocarpa* Brot. A new system. *American Journal of Botany* 44:879-887.
- Pandey KK. 1957. Genetics of self-incompatibility in *Physalis ixocarpa* Brot. A new system. *American Journal of Botany* 44:879-887.
- Ponce, O. 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.
- Pérez-Grajales, M.; Sahagún-Castellanos. J; Peña-Lomelí, A. 1996. Estimación de varianza aditiva y heredabilidad en tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* Brot.), Memoria XVI Congreso Nacional de Fitogenética. 6-11 de octubre Montecillos, Texcoco, Edo. de México. P 125.

Pérez GM, Márquez SF, Peña LA. 1997. Mejoramiento Genético de Hortalizas. Departamento de Fitotecnia. 1^a Ed. Universidad Autónoma de Chapingo, México 380 p.

Pérez, M., L., y J. Granados A. 2001. Fertilización nitro-fosfórica en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot) de riego en Irapuato, Guanajuato, México. Acta Universitaria 11: 19-25.

Peña LA. Márquez SF. 1990. Mejoramiento genético de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo* 71/72:85-88.

Peña LA. 1998. Parámetros genéticos, respuesta a la selección y heterosis en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis de Doctorado en Ciencias en Genética. Colegio de Postgraduados. Montecillo Edo. de México. p 151.

Peña LA; Santiaguillo H., J. F. 1999. Variabilidad genética del tomate de cáscara en México. Boletín Técnico Núm. 3. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 26 p.

Poehlman JM. 1965. Mejoramiento genético de las cosechas. Segunda edición. Limusa. México.

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

Poggio, L., G. Gonzáles, M.R. Ferrari, A.M. García, A. Wulff, E. Greizerstein, P. Tomás y G. Schrauf (2004). Aportes de la citogenética al estudio de genomas vegetales. En: Levitus, G., V. Echenique, C. Rubinstein, E. Hopp y L. Mroginski (eds), pp. 379-388. Biotecnología y Mejoramiento Vegetal II. Editorial INTA, Buenos Aires, Argentina. 647 p.

Quarin CL, Espinoza F, Martinez EJ, Pessino SC, Bovo OA. 2001. A rise of ploidy level induces the expression of apomixis in *Paspalum notatum*. *Sex. Plant Reprod.* 13:243–249.

Ramírez, G.F.2013. Caracterización de tetraploides y formación de híbridos triploides en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

Ramón, J. 1970. La cadena de Genética vegetal aplicada a la Mejora. Editorial AGESA:<http://www.unavarra.es/genmic/genetica%20y%20mejora/cambios%20cromosomicos/Cambios%20cromosomicos%20numericos%20II.htm>

Ramsey J, Schemske DW. 2002. Neopolyploidy in flowering plants. *Annu. Rev. Ecol. and Syst.* 33:589-639.

Rasuli VOL, Sotudeh R. 2007. Autotetraploid Induction in Grape (*Vitis vinifera* var. Bidaneh) by using Colchicine. *Seed and Plant Improvement Institute*. Report Number 28691. 19 p.

Rêgo MM, Rêgo ER, 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-Torres V., F. Ramírez-Godina, R. Foroughbakhch-Pournavab, A. Benavides-Mendoza, G. Hernández-Guzmán y M.H. Reyes-Valdés (2011). Development of tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.) autotetraploids and their chromosome and phenotypic characterization. *Breeding Science* 61: 288-293.

Rhodes B, Zhang X. 2000. Hybrid seed production in watermelon. *Journal of new seeds* 1 (3-4):69-88.

Rose JB, Kubba J, Tobutt KR. 2001. Induction of tetraploids for breeding hardy ornamentals. IV International Symposium on In Vitro Culture and Horticultural Breeding. *Acta Horticulturae* 560:109–112.

Santiaguillo H., R.; López, M.; Peña, A.; Cuevas J. A.; SAHAGÚN C. J. 1994. Distribución, colecta y conservación de germoplasma de tomate de

cáscara (*Physalis* spp.) en México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 2: 125-129.

Santiaguillo HJF, Cervantes ST, Peña LA. 2004. Selección para rendimiento y calidad de fruto de cruces planta x planta entre variedades de tomate de cáscara. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 27:85-91.

Saray MCR, Loya JL. 1977. El cultivo de Tomate de Cáscara. Inf. Rep. 57. INIA-CIAMEC. Zacatepec, Morelos, Chapingo México. p 24.

Saray, M.R. y C. Loya. 1978. El cultivo del Tomate de Cáscara en el Estado de Morelos. *Campo* 54 (1040). P. 30-34.

Saray, M.R.C. 1982. Importancia en la preparación (calentamiento) en el rendimiento de tomate de cascara (*Physalis ixocarpa*, Brot.). Tesis de maestría. C.P. Instituto de enseñanza e investigación de Ciencia Agrícola. Chapingo, México.

Sartor M, Espinoza F, Quarín C. 2004. Inducción de autoploidía en *Paspalum plicatulum*. Instituto de Botánica del Nordeste (IBONE-CONICET), Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE. pp 1-5.

SARH. 1978. El cultivo del Tomate de cascara en el estado de Hidalgo. Editorial Instituto de investigaciones Agrícolas. Circular CIAMEC. No. 109. México.

Sasaki, K., Utsunomiya. N. 2002. Effect of Combined Application of CPPU and GA3 on the Growth of Irwin Mango Fruits. *Journal of Tropical Agriculture* 46: 224-229.

SAGAR (1998) Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. 753 p.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2002. Anuario estadístico de la producción agrícola de México. Centro de Estadística Agropecuaria. SAGARPA. D. F. México.

SIAP-SAGARPA, 2013. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. www.siap.sagarpa.gob.mx

Stebbins, G.L (1947). Types of polyploids: their classification and significance. *Advances in Genetics* 1: 403–429.

Stone JL, Thomson JD, Dent ASJ. 1995. Assessment of pollen viability in Hand-pollination experiments: A Review. *American Journal of Botany* 82(9): 1186-1197.

Soares TL, Oliveira SS, Pereira CCMA, Almeida SSJ, Silva SA, Morais LLS, Hilo SE, Nunes JO. 2008. In vitro germination and viability of pollen grains of banana diploids. *Crop. Breed. Appl. Biot.* 8:111-118.

Taboada, MS y R. Oliver G. 2004. Cultivos en México. Primera Edición. Editorial AGT Editor, S.A. Mexico, D.F. 169 P.

Tang ZQ, Chen DL, Song ZJ, He YC, Cai DT. 2010. In vitro induction and identification of tetraploid plants of *Paulownia tomentosa*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 102(2):213-220.

Tomekpe K, Jenny C, Escalant JV. 2004. Mejoramiento genético, análisis de las estrategias de mejoramiento convencional de Musa. *InfoMusa* 13 (2):1-6.

Walters SA, Wehner TC. 2002. Incompatibility in diploid and tetraploid crosses of *Cucumis sativus* and *Cucumis metuliferus*. *Euphytica* 128 (3):371-374.