

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Rendimiento, Calidad de Fruto y Caracterización Morfológica en Poblaciones Autotetraploides Avanzadas de Tomate de Cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.)

Por:

HILARIA HERNÁNDEZ PÉREZ

TESIS:

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Rendimiento, Calidad de Fruto y Caracterización Morfológica en Poblaciones
Autotetraploides Avanzadas de Tomate de Cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.)

Por:

HILARIA HERNÁNDEZ PÉREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dra. Francisca Ramírez Godina
Asesor Principal



Dr. Valentín Robledo Torres
Coasesor



Dr. Miguel Ángel Pérez Rodríguez
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2017

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Agradezco a Dios nuestro señor por darme la vida, salud, fortalezas y fuerzas para continuar cada sueño y sobre todo por permitirme culminar satisfactoriamente con mis estudios.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UAAAN, por permitirme formar parte de ella durante 5 años

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. Muchas gracias

Al Dr. Valentin Robledo Torres por su apoyo, comprensión, consejos y tiempo para realizar este trabajo, muchas gracias.

Al Dr. Miguel Ángel Pérez Rodríguez por su apoyo y por formar parte de mi asesor de tesis, muchas gracias.

A mis padres por su apoyo incondicional por haber confiado en mí y que hoy se ven los resultados de su esfuerzo.

A mis hermanos por brindarme su apoyo durante toda mi vida, consejos y ánimos para seguir con mis estudios.

Agradezco el apoyo económico que me otorgó la **Fundación Casa de Santa Hipólita A.C** y así como a mi patrocinador, muchísimas gracias.

A mis amigos de la UAAAN, Laura, Mayra, Viviana, Tere, Mary, Lorenzo y Fernando, por compartir momentos inolvidables de alegría. Gracias a todos por su compañía, consejos y apoyo durante los 5 años de la carrera y ojala que a pesar de la distancia siempre estemos en comunicación.

DEDICATORIA

A mi madre; Petrona Pérez López, por haberme dado el mejor regalo que es la vida y por formar parte de su familia, por estar conmigo en los momentos buenos y malos de mi vida, por ser el mejor ejemplo, por brindarme el apoyo incondicional y por confiar en mí. Gracias mami te amo.

A mi padre: Jesús Hernández Hernández, por el apoyo incondicional, consejos, y por confiar en mí, gracias por todo papi eres un ejemplo a seguir.

A mis abuelos: Rosa y Manuel, por alentarme a seguir adelante, anhelando que siempre me prepara para enfrentarme a la vida, son un ejemplo a seguir los amo abuelitos.

A mis hermanos: Juan, Marcela, Victoria, Mario, Manuel, Eusebio y Maria Guadalupe, por el gran apoyo y cariño que siempre me han brindado, y por el amor que nos une, gracias por estar siempre conmigo.

A mis sobrinos: Fernando, Monce, Laura, Luzmi, Mauricio, Alan, José y Elizabeth, por formar parte de mi vida, gracias.

A mi amiga: Vivi, que siempre estuvo conmigo tanto en los buenos y malos momentos, por tus consejos y por compartirme un poco de tu historia y aunque la distancia nos separa ojala siempre estemos en contacto, gracias te quiero amiga.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	II
ÍNDICE DE CONTENIDO	III
ÍNDICE DE CUADROS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN	VIII
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
Objetivo General	3
Objetivo Específico	3
HIPÓTESIS	3
ANTECEDENTES	4
Origen y distribución	4
Taxonomía del tomate de cáscara	4
Descripción botánica	5
Raíz	5
Tallo.....	5
Hojas	5
Flores.....	6
Fruto	6
Fenología del cultivo	6
Crecimiento y desarrollo.....	7
Requerimientos climáticos	8
Temperatura.....	8
Humedad	8
Luz	8
Plagas y enfermedades del tomate de cáscara	8
Plagas	8
Enfermedades.....	9
Importancia económica del tomatillo	9

Variabilidad genética	10
Mejoramiento genético en plantas	11
Mejoramiento genético de tomate de cáscara	11
Características autoploides	13
¿Qué es un cultivo autoploide?	13
Ventajas en la producción de autoploides	13
MATERIALES Y MÉTODOS	15
Material genético	15
Establecimiento en campo	16
Producción de plántula	16
Preparación del terreno.....	17
Trasplante.....	17
Manejo del cultivo	18
Riego	18
Deshierbe	18
Fertilización	18
Control de plagas y enfermedades.....	18
Diseño y Análisis Estadístico	19
Componentes de Rendimiento.....	19
Rendimiento Total de Fruto (RTF).....	20
Número Total de Frutos por Planta	20
Peso Promedio de Fruto (PPF).....	20
Diámetro Polar de Fruto (DPF) y Diámetro Ecuatorial de Fruto (DEF)	20
Calidad de fruto	20
Solidos Solubles Totales (SST)	20
Análisis Morfológico	21
RESULTADOS Y DISCUSIONES	22
Rendimiento Total de Fruto	22
Número de frutos por planta	24
Peso promedio de fruto	25
Diámetro ecuatorial del Fruto	26
Diámetro polar del Fruto	27
Calidad de fruto	29

Sólidos Solubles Totales	29
Análisis morfológico	31
Ancho de la hoja	32
Largo de hoja	33
Diámetro de Flor	34
Diámetro del Tallo	35
Altura de la Planta	36
CONCLUSIONES	38
LITERATURA CITADA.....	39

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Material genético de <i>Physalis ixocarpa</i> Brot, en el municipio de General Cepeda Coahuila.....	15
2.	Productos químicos aplicados como preventivos para la incidencia de lagas y enfermedades en el tomate de cáscara.....	19
3.	Cuadros Medios del análisis de varianza y valores de F, aplicado a los componentes de rendimiento de 15 tetraploides y el diploide Var. Rendidora en tomate de cáscara.....	22
4.	Cuadros medios del análisis de varianza y valores F, aplicando a los componentes de calidad de fruto de 15 tetraploides y el diploide Var, rendidora en tomate de cáscara.....	29
5.	Cuadros Medios del análisis de varianza y valores de F, aplicado a los componentes de análisis morfológico de 15 tetraploides y el diploide Var. Rendidora en tomate de cáscara.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pagina
1.	Producción de plántulas de tomate de cáscara en el invernadero en el departamento de horticultura de la UAAAN.....	16
2.	Establecimiento de plántulas de tomate de cáscara en General Cepeda, Coahuila.....	17
3.	Número de fruto por planta, comparación de 15 tetraploides y el Var. Rendidora de tomate de cáscara en General Cepeda, Coahuila.....	23
4.	Peso promedio de fruto por planta, comparación de 15 generaciones tetraploides y el diploide Var. Rendidora.....	25
5.	Peso promedio de fruto, en comparación de diploide y tetraploides evaluados en General Cepeda, Coahuila.....	26
6.	Diámetro ecuatorial, en comparación de 15 tetraploides y diploide Var. Rendidora en el cultivo de tomate de cáscara.....	27
7.	Diámetro polar de tomate de cáscara, comparación de diploide Var. Rendidora y 15 generaciones de tetraploides.....	28
8.	Sólidos solubles totales de tomate de cáscara, comparación de tetraploides y diploide Var. Rendidora.....	30
9.	Ancho de hoja. Comparación de 15 generaciones tetraploide y diploide Var. Rendidora del cultivo de tomate de cáscara.....	33
10.	Longitud de hoja, comparación de diploide Var. Rendidora y tetraploides en General Cepeda, Coahuila.....	34
11.	Diámetro de flor. Comparación de tetraploides y diploide Var. Rendidora evaluados en General Cepeda, Coahuila.....	35
12.	Diámetro de tallo, comparación de tetraploides y diploide Var. Rendidora en tomate de cáscara.....	36
13.	Altura de la planta, comparación de diploide Var. Rendidora y 15 generaciones tetraploides de tomate de cáscara.....	37

RESUMEN

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) es una especie nativa de México y Centroamérica, es uno de los cultivos hortícolas más importantes de México. Actualmente ocupa el quinto lugar en superficie sembrada, con 42.639 Ha, el rendimiento medio nacional es de 16.705 t ha⁻¹ lo cual es considerado bajo; la causa de los bajos rendimientos es el uso de sistemas de producción tradicionales, uso de variedades nativas de bajo potencial productivo y el limitado mejoramiento genético de esta especie. Por lo tanto el objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento de poblaciones avanzadas de autotetraploides y el diploide del cual se formaron los autotetraploides por acción de la colchicina y analizar el impacto de la de la poliploidización en relación a rendimiento, calidad de fruto y caracterización morfológica. El trabajo se realizó en el 2016 en el municipio de General Cepeda, Coahuila, México.

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, donde los tratamientos fueron 15 autotetraploides y un testigo diploide Var. Rendidora de tomate de cáscara. El análisis de varianza y comparación de medias de Tukey con una probabilidad de ($P < 0.05$, $P < 0.01$), con el programa estadístico ANOVA.

En lo que respecta a rendimiento se encontraron diferencia altamente significativa entre las poblaciones tetraploides y diploides, para las variables RTF, NFP, DE y DP ($P < 0.01$) donde los autotetraploides T2, T11 y T16 se identificaron como las poblaciones de mayor rendimiento de fruto con un rango de 2.67 a 3.24 Kg planta, mientras que el diploide fue de 2.10 Kg, en el NFP los tetraploides seleccionados T2, T11 y T16 como los mejores fue de 39.715 g a 42.410 g por fruto, mientras que el diploide de 33.665 g, en el DP de T8, T11 y T15 como los mejores con un rango de 51.41 mm a 52.11 mm, mientras que el diploide D19 42.13 cm. En el DE los tetraploides T2, T11 y T20 se identificaron como las mejores poblaciones de 34.81 mm a 36.15 mm, mientras que el diploide D19 de 35.27 mm. En la variable de

calidad de fruto en SST no se encontraron diferencias significativas esto se debe a que el nivel de ploidía no modificó la capacidad de sintetizar sólidos solubles totales.

Los autotetraploides y el diploide de tomate de cáscara presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para AP T7, T10 y T14 de 105.03 cm a 110.1 cm, mientras que el diploide de D19 82.19 cm; DF T2, T8 y T12 de 2.76 cm a 2.82 cm, mientras que el diploide D20 2.07cm. Para AH T2, T11 y T14 de 9.05 cm a 9.29 cm y el D19 de 6.81 cm. Exhibieron diferencias significativas ($P < 0.05$) para diámetro de tallo T4, T12 y T17 con un rango de 2.67 cm a 2.81 cm y el diploide de D19 2.36 cm. En las poblaciones bajo estudio se encontró una amplia variabilidad en componentes de rendimiento y variables morfológico por lo tanto existe la posibilidad de realizar selección de autotetraploides para el mejoramiento genético.

Palabras clave: *Physalis ixocarpa* Brot, autotetraploides, mejoramiento genético, morfología, diploides.

INTRODUCCIÓN

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) también conocido como tomate verde o tomate de fresadilla, es una especie nativa de México y Centroamérica, actualmente es uno de los cultivos hortícolas más importantes de México (Cantwell *et al.*, 1992). Actualmente ocupa el quinto lugar en superficie sembrada, con 42,639 Ha, con un rendimiento promedio de 16,705 t-ha⁻¹. Se cultiva en 29 de los 32 Estados de la República Mexicana, de los cuales los principales estados productores son: Sinaloa, Jalisco, Puebla, Nayarit y Zacatecas. El rendimiento medio nacional es de 16.705 t ha⁻¹ (SIAP- SAGARPA, 2016). El cual es considerado bajo, de acuerdo al rendimiento potencial de 40 t ha⁻¹, la causa de los bajos rendimientos es el uso de sistemas de producción tradicionales, uso de variedades nativas de bajo potencial productivo, técnicas de producción ineficiente y problemas de comercialización derivados de la sobreoferta del producto en algunas épocas del año (Peña y Santiaguillo, 1999).

El tomate de cáscara es una especie alógama obligada por presentar autoincompatibilidad gametofítica, característica que dificulta su mejoramiento por métodos tradicionales. México es su centro de origen y aún se encuentra una gran diversidad genética, principalmente en cuanto a hábito de crecimiento, color, tamaño, forma y firmeza del fruto, precocidad y rendimiento (Peña y Márquez, 1990; Santiaguillo *et al.*, 2010)

La autoploidía es un estado biológico inducible caracterizado por la duplicación del número de genomas de un mismo individuo, con lo cual se logra incrementar la variabilidad genética, que puede ser aprovechada por los fitomejoradores. La autoploidía incrementa el tamaño efectivo de la población e incrementa la flexibilidad genómica, facilitando así el manejo de la selección artificial. La redundancia genética puede permitir la divergencia adaptativa de genes duplicados (Parisod *et al.*, 2010). Los autotetraploides pasan de tres combinaciones posibles con dos alelos de un diploide a cinco combinaciones, además es posible desarrollar plantas más vigorosas (Cubero, 2003), con posibilidades de aumentar los

rendimientos en especies, en las cuales la hibridación mediante la utilización de líneas endogámicas no es posible, debido a que presentan autoincompatibilidad (Pandey, 1957). El estudio de los autotetraploides puede representar una ventaja, ya que la tendencia de estos a mostrar un mayor crecimiento vegetativo y una menor producción de semillas sugiere que la autoploidia sería de mayor utilidad en el mejoramiento de los cultivos cuyo objetivo final no es la producción de semilla (Poehlman y Allen, 2005).

Debido a la importancia que ha cobrado el cultivo de esta especie en México, es necesario buscar a través de otras alternativas de mejoramiento, desarrollar variedades de alto potencial productivo, ya que esto permitirá al productor tener mayores beneficios económicos y además tener producto de alta calidad.

Con la finalidad de conocer el impacto de la autoploidización artificial a nivel agronómico y morfológico en tomate de cáscara, se planteó lo siguiente estudiar los componentes de rendimiento y calidad de fruto y morfología de plantas autotetraploides previamente formados por la acción de colchicina y el diploide (Rendidora) de tomate de cáscara. La caracterización (morfológica, rendimiento y calidad de fruto) en poblaciones autotetraploides nos permitirán conocer el impacto de la poliploidia en tomate de cáscara.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluación de componentes de rendimiento y calidad de fruto de autotetraploides y un diploide de tomate de cáscara.

Objetivo Específico

- -Caracterización de componentes de rendimiento
- -Evaluación de calidad de fruto
- -Caracterización morfológica

HIPÓTESIS

Al menos una de las poblaciones autotetraploides supera al diploide en componentes de rendimientos, calidad de fruto y caracterización morfológica.

ANTECEDENTES

Origen y distribución

El género está representado por alrededor de 90 especies, setenta de las cuales son endémicas de México, considerado su centro de origen y diversidad (Martínez 1998). Ayala (1992) señala que los centros de origen de las especies son de suma importancia desde el punto de vista genético, son fuente de genes útiles para el mejoramiento de las mismas.

La especie *Physalis ixocarpa* Brot. Es originaria de México (en donde existe una diversidad de variedades nativas cultivadas) y se localiza en forma silvestre en una franja que va desde Guatemala hasta California. El tomate de cáscara, tomate verde o tomatillo, domesticado mexicano, ha sido considerado por los botánicos por casi 400 años y su aprovechamiento se remonta a épocas prehispánicas (Hudson, 1986).

Taxonomía del tomate de cáscara

La clasificación del tomate de cáscara 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 botánica

Raíz

En el sistema de siembra directa la raíz es típica o bien pivotante y presenta raíces secundarias que pueden profundizar hasta 60 centímetros o más. Con el método de trasplante, esta sufre una modificación, transformándose en fibrosa y de poca penetración en el suelo (Fernández y Garza, 1982; López, 2011).

Tallo

El tallo es estriado, herbáceo o ligeramente leñoso en la base; ramas primarias de 0.08 a 2.3 cm de diámetro; en los primeros días de vida se presentan pelos esparcidos en el tallo, hojas y ramas las cuales se pierden a medida que van creciendo (Alvarado, 1995). Mismo que menciona Santiaguillo y colaboradores (2010) es cilíndrico, glabro, erecto y ramificado de 0.9 a 1.2 m de altura.

Hojas

Son hojas 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 cm de largo (Taboada y Oliver, 2004; Pérez *et al.*, 1997).

Flores

Las flores son bisexuales, perfectas o hermafroditas, solitarias y salen de la dicotomía de las ramas pequeñas, pentámeras, con bordes de color amarillo brillantes, anteras azules o azules-verdes. La corola mide de 1 a 2.7 cm de diámetro, color amarillo aunque algunas veces es púrpura y descolorida en el centro, presenta lóbulos plegados y estambres insertados en la base de la corola, el estigma presenta dos hendiduras, casi bilobulado, (Medina, 1996).

Fruto

Alvarado (1995) señala que, el fruto es una baya amarilla verduzca carnososa y globosa de tamaño variable de 1 a 6 cm de diámetro ecuatorial de sabor ácido dulce, 1.8 a 4.3 cm de largo por 2.5, con 10 nervaduras, que en algunos casos son de color morado, se encuentra envuelto por el cáliz, con dimensiones de 4 a 6 cm de ancho con margen irregularmente dentado con 10 costillas que en algunos casos es de color morado y con la característica de persistencia aun después de la maduración del fruto. Los peciolo miden 0.6 cm a 1.0 de largo. La baya contiene gran cantidad de semilla, teniendo un diámetro de 1 a 6 cm. La semilla es pequeña, lisa, de color amarillo, la cual puede guardar su poder germinativo hasta 7 u 8 años. Otros autores mencionan diámetros de 1.6 a 6 cm (García, 2001).

Fenología del cultivo

Ayala (1992), menciona que la fenología es el estudio de los fenómenos biológicos periódicos con relación al tiempo meteorológico y al clima. Específicamente trata con el tiempo de ocurrencia de los eventos en el ciclo de vida de las plantas y animales en una cierta área geográfica. En el caso del tomate de cáscara se puede señalar que se comporta de la siguiente manera:

Nacimiento: esta se da una semana después de la siembra

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

Crecimiento vegetativo: comienza desde la semana cero a la semana catorce.

Producción de brotes 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.

La expresión fenotípica de las poblaciones de tomate de cáscara se modifica significativamente como resultado del cambio de hábitat o tipo de siembra (Santiaguillo y Peña, 1997; Cartujano, 1984)

Crecimiento y desarrollo

El tomate de cáscara presenta tres tipos de hábitos de crecimiento, rastrero, erecto y semi-rastrero, principalmente en variedades criollas. El hábito rastrero se caracteriza porque generalmente crece en forma erecta solo hasta 0.40m y conforme se desarrollando la planta los tallos se extienden sobre la superficie del suelo. El tipo erecto se identifica por el aspecto arbustivo que presenta la planta, originado por un crecimiento casi vertical de los tallos. Estos presenta la desventaja que se doblan o se rajan con el peso de los frutos. El hábito semi-rastrero presenta claras diferencias con características intermedias de 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, y menos de 80 cm. (Saray, 1977). El tomate de cáscara tiene un ciclo de vida de 85 a 90 días desde la siembra hasta la senescencia; una vez que emerge la plántula inicia un crecimiento lento, aproximadamente de 1 cm/día; a los 24 días el crecimiento se acelera y se estabiliza a los 55 días, es cuando alcanza 90 cm de altura, puede llegar a alcanzar un poco más de 1 m de altura, esto sucede a los 70 días, después la planta empieza a envejecer rápidamente hasta su muerte (Corona, 1993).

Requerimientos climáticos

Temperatura

El tomate de cáscara es un cultivo de estación cálida, sensible a heladas, en cualquier estado de desarrollo, la temperatura óptima para el desarrollo del cultivo es de 18°C, sin embargo, la ocurrencia de altas temperaturas durante la floración puede provocar un pobre amarre de flores y por lo tanto mal formación del fruto (Anónimo, 1993). Mismo que menciona Moreno y Torres (1996) la temperatura para la germinación es de 20 a 23°C. Para el crecimiento vegetativo requiere de 22 a 25°C. Y la temperatura óptima para la floración requiere de 30 a 32°C. Con temperaturas arriba de estos valores puede provocar deshidratación del tubo polínico, provocando una polinización incompleta y mal formación en el fruto.

Humedad

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

Luz

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

Plagas y enfermedades del tomate de cáscara

Plagas

Existe una amplia variedad de insectos plaga como lo explica de importancia en el cultivo de tomate (Jiménez *et al.*, 1992), entre las cuales se encuentran:

1. Mayate o catarinita lema (*Trilneata daturaphila* kogan)
2. Mosquita blanca (*Bemisia argentifolii*)
3. Pulgon saltador (*Paratrioza cockerelli*)
4. Frailecillo (*Macrodactylus mexicanus* burmeister)
5. Mosca del tomate (*Díptera: lonchaeidae*)
6. Gusano del fruto (*Heliothis virescens*)
7. Minador de la hoja (*Liriomyza trifoli*)
8. Trips (*Frankliniella* ssp.)
9. Pulgones (*Myzus persicae*)
10. Nematodos (*Meloidogyne* ssp)

Enfermedades

Este cultivo es atacado por varios patógenos (Soto *et al.*, 1998; Félix *et al.* 2007; Santos *et al.*, 2007).

1. Amarillamiento (fusarium ssp)
2. Cenicilla del tomatillo (podosphaera)
3. Mancha foliar del tomatillo (cercospora sp)
4. Fitoplasma (candidatus)
5. Pseudomonas
6. Secadera Damping-Off (fusarium solani, F oxysporum)

Importancia económica del tomatillo

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) también conocido como tomate verde o tomate de fresadilla, es una especie nativa de México y Centroamérica, actualmente es uno de los cultivos hortícolas más importantes de México (Cantwell *et al.*, 1992), La superficie sembrada de este cultivo es alrededor de 42 mil 639 hectáreas, en el 2016 tuvo un volumen preliminar de 679 mil 910 toneladas de tomate verde, lo que refleja un incremento a tasa anual de 2.3 %. El promedio de producción de esta hortaliza de 2013 a 2016 es de 637 mil 462 toneladas, con una

tasa media de crecimiento anual de 4.7%. El rendimiento medio nacional es de 15.94 t ha⁻¹ (SIAP- SAGARPA, 2016). El cual es considerado bajo, de acuerdo al rendimiento potencial de 40 t ha⁻¹, la causa de los bajos rendimientos es el uso de sistemas de producción tradicionales, uso de variedades nativas de bajo potencial productivo, técnicas de producción ineficiente y problemas de comercialización derivados de la sobreoferta del producto en algunas épocas del año (Peña y Santiaguillo, 1999).

Variabilidad genética

La variabilidad genética o diversidad genética en sentido amplio es el componente básico de la biodiversidad y se define como las variaciones heredables que ocurren en cada organismo, entre los individuos de una población y entre las poblaciones dentro de una especie. Su conocimiento y comprensión es de vital importancia tanto para la conservación y el avance de la genética evolutiva, como para la sustentabilidad y la productividad agrícola, pecuaria y forestal, la domesticación y la biomedicina (Piñero *et al.*, 2008).

Los principales factores de la variabilidad genética está la distribución geográfica, los sistemas de reproducción, las formas de vida y las características de dispersión del polen y de las semillas; todos ellos influyen fuertemente en la estructura genética de las poblaciones naturales (Santos, 2006).

La diversidad y la variabilidad genética son términos alternativos para representar la variación genética. Se sugiere que diversidad sea utilizada para indicar la sumatoria de la información genética potencial conocida y desconocida, y la variabilidad para indicar una porción de la diversidad capturada y disponible (Vileta y Candeira, 1996).

Taba (1991) considera que la variabilidad genética de un cultivo puede ser estudiada para las técnicas moleculares avanzadas o a través de rasgos morfológicos.

Mejoramiento genético en plantas

El mejoramiento genético de las plantas, se está constantemente tomando decisiones es un proceso de selección que permite identificar a los elementos de la población, que presentan el criterio establecido como el criterio de selección (Fegan, 1989).

El fitomejoramiento, en un sentido amplio, es el arte y la ciencia de alterar o modificar la herencia de las plantas para obtener cultivares (variedades o híbridos) mejorados genéticamente, adaptados a condiciones específicas, de mayores rendimientos económicos y de mejor calidad que las variedades nativas o criollas. En otras palabras, el fitomejoramiento busca crear plantas cuyo patrimonio hereditario esté de acuerdo con las condiciones, necesidades y recursos de los productores rurales, de la industria y de los consumidores, o sea de todos aquellos que producen, transforman y consumen productos vegetales. (Cabrera, 2002).

Debido a lo anterior para la formación de nuevas variedades en plantas como en planas de zacate raigrás, los diploides tienen mayor cantidad de hojas, tallos y macollo por planta. Los macollos y las hojas suelen ser finas. Como contraste, los tetraploides, suelen tener menor número de macollos pero más grandes, con hojas más anchas (Lus, 2008). Mismo autor menciona que los genotipos tetraploides al contar con un mayor número de cromosomas, suelen presentar mayor contenido celular, de manera que pueden llegar a ser más nutritivos que los diploides; aunque estos suelen mostrar mejores porcentajes de materia seca, además presentan por lo general una mayor rusticidad ambiental, especialmente ante limitaciones de clima o suelo, mientras que los tetraploides, requieren mejores condiciones para poder expresar adecuadamente su potencial.

Mejoramiento genético de tomate de cáscara

El mejoramiento genético del tomate de cáscara en México ha sido limitado, a la fecha el cultivo en el país se sustenta en numerosas variedades nativas y materiales sobresalientes que los propios productores usan y conservan y otras que

las compañías semilleras incrementan para su venta y distribución. Lo anterior ha traído como consecuencia que el rendimiento medio nacional sea de 15.94 t ha⁻¹ (SIAP-SAGARPA, 2016), el cual es considerado bajo, de acuerdo al rendimiento potencial de 40 t ha⁻¹. La causa de los bajos rendimientos es la baja tecnificación de los sistemas de producción y el uso de variedades nativas de bajo potencial productivo, técnicas de producción ineficiente, problemas de comercialización derivados de la sobreoferta del producto en algunas épocas del año (Peña y Santiaguillo, 1999).

El tomate de cáscara es un diploide $2n=2x=24$, con flores hermafroditas, presenta autoincompatibilidad producida por dos series alélicas y es infértil cuando uno o más alelos están en estado homocigoto, convirtiéndola en alógama. Es difícil la obtención de líneas endogámicas para la hibridación clásica (Santiaguillo *et al.*, 2004).

Cabe mencionar que es una especie alógama obligada por presentar autoincompatibilidad gametofítica, característica que dificulta su mejoramiento por métodos tradicionales. México es su centro de origen y aún se encuentra una gran diversidad genética, principalmente en cuanto a hábito de crecimiento, color, tamaño, forma y firmeza del fruto, precocidad y rendimiento (Peña y Márquez, 1990; Santiaguillo *et al.*, 2010)

La autoploidía es un estado biológico inducible caracterizado por la duplicación del número de genomas de un mismo individuo, con lo cual se logra incrementar la variabilidad genética, que puede ser aprovechada por los fitomejoradores. La autoploidía incrementa el tamaño efectivo de la población e incrementa la flexibilidad genómica, facilitando así el manejo de la selección artificial. Los autotetraploides pasan de tres combinaciones posibles con dos alelos de un diploide a cinco combinaciones, además es posible desarrollar plantas más vigorosas (Cubero, 2003).

Características autoploidos

¿Qué es un cultivo autoploide?

Los autoploidos 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 autoploidia es un estado biológico inducible caracterizado por redundancia genómica, el cual puede ser aprovechado por los fitomejoradores. La autoploidia incrementa el tamaño efectivo de la población e incrementa la flexibilidad genómica, facilitando así el manejo de la selección artificial. La redundancia genética puede permitir la divergencia adaptativa de genes duplicados (Parisod *et al.*, 2010). Se ha demostrado que los autoploidos son capaces de experimentar cambios genómicos rápidos como la diploidización y disminución de la cantidad de ADN por célula, y se muestran alta plasticidad genómica (Doyle *et al.*, 2008; Leitch, 2008). Una desventaja posible es la pérdida de fertilidad, sin embargo, se sabe que los nuevos autoploidos son altamente variables para esta característica (Ramsey y Schenck, 2002). De forma natural y de acuerdo a estudios citogenéticos en tomate de cáscara, 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 autoploidos como son: bajo número cromosómico, reproducción de tipo alógama y aprovechamiento de partes vegetativas. 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 autoploidos

El estudio de autotetraploidos puede representar una ventaja, ya que la tendencia de estos a mostrar un mayor crecimiento vegetativo y una menor producción de semillas sugiere que la autoploidía sería de mayor utilidad en el mejoramiento de los cultivos cuyo objetivo final no es la producción de semillas (Poehlman y Allen, 2005).

La autoploidía 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)

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo 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 del municipio de Ramos Arizpe, al sur de Parras y Saltillo. Con clima árido semicálido, con una temperatura media de 18 a 22°C y una precipitación anual de 400 a 500 mm.

Material genético

El material vegetal utilizado fueron semillas provenientes de poblaciones avanzadas de autotetraploides formadas por acción de la colchicina y el diploide del cual se formaron los autotetraploides.

Tratamientos	Poblaciones Autotetraploides	Población Diploide Var. Rendidora
1	Tetraploide 2	
2	Tetraploide 4	
3	Tetraploide 5	
4	Tetraploide 6	
5	Tetraploide 7	
6	Tetraploide 8	
7	Tetraploide 9	
8	Tetraploide 10	
9	Tetraploide 11	
10	Tetraploide 12	
11	Tetraploide 14	
12	Tetraploide 15	
13	Tetraploide 16	
14	Tetraploide 17	
15	Tetraploide 20	
16		Diploide 19

Cuadro 1. Material genético de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.)

Establecimiento en campo

Producción de plántula

La siembra se llevó a cabo el 14 de abril del 2016, en charolas de poliestireno de 200 cavidades con sustrato de peat moss y perlita en una proporción de 2:1, colocando 2 semillas por cavidad, se cubrieron las charolas con polietileno y cuando inicio la germinación se colocaron en contenedores con agua a una altura de 4 cm. El desarrollo de las plántulas fue en invernadero del Departamento de Horticultura en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro a una temperatura de 25°C y una humedad relativa de 65%.



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

Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó el 22 de Abril del 2016, consistió en realizar barbecho para aflojar el suelo y al final el surcado, implementando 18 camas en total, cada una con una altura de 0.4 metros, una longitud de 8 metros, con un ancho de cama de 1.5 m. y para el sistema de riego se colocó cintillas una semana después de la preparación del terreno. Una vez colocada la cintilla se llevó a cabo la colocación del 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.

Trasplante

Después 30 días de la siembra se llevó a cabo el trasplante, en un suelo bastante húmedo, se colocaron de 1 a 2 plantas por cavidad en hileras simples, teniendo una distancia entre planta de 60 cm.



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

Manejo del cultivo

Riego

El riego se aplicó en promedio de 4 horas cada 2 días en el sistema de riego por goteo.

Deshierbe

El deshierbe se llevó a cabo cada 8 días y el método que se utilizó fue manualmente. Con el fin de evitar incidencia de plagas, competencia con el agua, luz y de nutrientes.

Fertilización

La fertilización foliar se aplicó cuando la planta tuvo su primera floración Ferti Drip (20-20-20 + microelementos). La segunda aplicación (fertiriego y aspersión foliar) fue el 27 de mayo de 2016 donde se aplicó una dosis de 5 gr por 5 litro Ferti Drip 20-20-20 + microelementos. La tercera aplicación fue el 6 de junio de 2016 donde se aplicó 500g de fosfonitrato (31-04-00), 500g de Magic Root (12-60-00), 2.5kg de ultrasol. La cuarta aplicación fue el 12 de junio del 2016 se aplicó 1 kg de nitrato de magnesio, 1kg de nitrato de calcio, 1kg de nitrato de potasio. La quinta aplicación fue el 500gr de nitrato de magnesio, 2.5kg de MAP, 2kg de nitrato de potasio, 2kg de nitrato de calcio. Los fertilizantes mencionados se prepararon las soluciones concentradas en un tonel de 200 litros de agua posteriormente se distribuyó los fertilizantes mediante riego.

Control de plagas y enfermedades

Para el control de plagas y enfermedades se aplicaron algunos químicos para prevenir el daño de algunos de estos como la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*),

tortuguilla (*Diabrotica*), gusanos perforadoras del fruto (*Heliothis sp*), gusanos del follaje (*Spodoptera sp*).

Cuadro 2. Productos químicos aplicados como preventivos a la incidencia de plagas y enfermedades de tomate de cáscara.

Producto Químico	Cantidad Aplicada	Fechas de Aplicación
Danapyr Mc	20 ml/20 Litros de agua	31/05/2016
Permetrina	20 ml/20 Litros de agua	06/06/2013
Furadan	20 ml/20 Litros de agua	12/06/2013
Dinapyr, Permetrina	20 ml/20 Litros de agua	17/05/2013
Fungoxil	40 gr/20 Litros de agua	26/06/2016

Diseño y Análisis Estadístico

Para el estudio del material vegetativo se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con 16 tratamientos y cuatro repeticiones cada unidad experimental, formada por 30 plantas con una separación de 60 cm entre plantas y 1.5 m de separación entre camas, para evaluar la significancia en componentes de rendimiento, calidad de fruto y caracterización morfológica. Se realizó un análisis de varianza donde los tratamientos o factores bajo estudio fueron 15 tetraploides y un diploide de tomate de cáscara, para la comparación se utilizará la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Componentes de Rendimiento

Para la evaluación de los componentes de rendimiento y calidad de fruto de 15 poblaciones de autotetraploides y una variedad diploide, 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 5 plantas de cada una de las cuatro repeticiones, considerando la suma de cinco cortes con un intervalo de 10 días, en Kg-/planta.

Número Total de Frutos por Planta

Después de pesar los frutos se contó el número de frutos que se cosecharon por planta, de las mismas 5 plantas, terminada la cosecha se estimó el promedio de frutos totales por planta, considerando los 5 cortes.

Peso Promedio de Fruto (PPF)

Se estimó el Rendimiento Total de Frutos en gramos y fue dividido entre el número de frutos por planta, obteniendo el peso promedio en gramos, considerando los 5 cortes.

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

Estas variables se tomaron tres frutos al azar de cada una de las 5 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 en los cinco cortes y con ellos se estimó la media del diámetro ecuatorial y del diámetro polar.

Calidad de fruto

Solidos 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 5 plantas, de cada tratamiento y en cada uno de las cuatro repeticiones. El procedimiento fue el

siguiente: se cortó el fruto y se colocó gotas sobre la superficie del prisma, se cerró la cubierta del prisma y se realizó la observación.

Análisis Morfológico

El análisis morfológico se llevó a cabo a los 60 días después del trasplante, se evaluaron las siguientes variables morfológicas en autotetraploides y el diploide:

Ancho de Hoja (AH), Largo de Hoja (LH), Diámetro de Tallo (DT), Diámetro de Flor (DF), Altura de Planta (AP), estas variables se midieron de tres plantas tomadas al azar de cada tratamiento en cada una de las cuatro repeticiones, dando un total de 12 plantas de cada población. Las mediciones fueron con un vernier digital de precisión marca AutoTEC®, la altura de la planta se midió con una cinta métrica en cm. Estas variables se evaluaron con la finalidad de caracterizar a las poblaciones autotetraploides y el diploide e identificar cambios morfológicos inducidos por la polinización en plantas de tomate de cáscara.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

El análisis de varianza indica diferencias altamente significativas al ($P < 0.01$) entre tratamientos en la media de las variables estudiadas como: rendimiento total de fruto (RTF), el número de frutos por planta (NFP), diámetro ecuatorial de fruto (DEF) y diámetro polar de fruto (DPF) donde los autotetraploides 2, 11 y 16 se identificaron como las poblaciones de mayor rendimiento de fruto con un rango de 2.66 a 3.24 Kg/planta, mientras que el diploide fue de 2.1083 Kg/planta. El peso promedio del fruto no presentó diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cuadros Medios del análisis de varianza y valores de F, aplicado a los componentes de rendimiento de 15 tetraploides y el diploide Var. Rendidora en tomate de cáscara.

Fuente de Variación	G L	RTF	F	NFP	F	PPF	F	DEF	F	DPF	F
Rep	3	8.34	1.51ns	0.05	31.06**	2.17	3.03*	0.01	0.29ns	0.10	7.92**
Trat	15	3.50	5.84**	0.19	13.04**	0.58	0.81ns	0.21	5.10**	0.04	2.99**
Error	45	0.033		0.26		0.71		4.04		0.01	
CV (%)		13.79		7.11		14.56		2.95		1.99	

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

En la comparación de medias en relación al Rendimiento total de Fruto, muestra que el valor más alto lo presentó el autotetraploide T11 (3.400 kg/planta) superó al testigo diploide Rendidora en un 38% que fue de (2.108 kg/planta), sin embargo los tetraploides T16, T5 y T2 incluyendo el diploide T19, fueron estadísticamente igual al autotetraploide T11 (Figura 3)

. Estos resultados indican la diversidad que existe en el diploide y los autotetraploides de tomate de cáscara bajo estudio. Si se considera desde el punto de vista genético, este resultado pudiera ser el reflejo de una amplia variación presente en las poblaciones tetraploides al ser características de generaciones

avanzadas. Cabe mencionar que los tetraploides evaluados son materiales que necesitan un proceso de selección y estabilización para lograr la expresión de todo su potencial. Por lo que de acuerdo con He *et al.*, (2011) se debe hacer selección en base a estabilidad meiótica de los tetraploides ya que ellos encontraron que usando líneas progenitores con estabilidad meiótica mejora el desarrollo del embrión y la tasa de producción de semillas de híbrido tetraploides de arroz.

En un trabajo similar realizado por Luna (2014) no se presentaron diferencias significativas entre autotetraploides debido a que hubo una reducción del rendimiento en las generaciones tetraploides dado a que se utilizó semillas de generaciones formadas a partir de una población muy reducida de plantas que condujo a la endogamia. Ramírez (2013) menciona que los autotetraploides formados de forma artificial tienden a ser autofértiles.

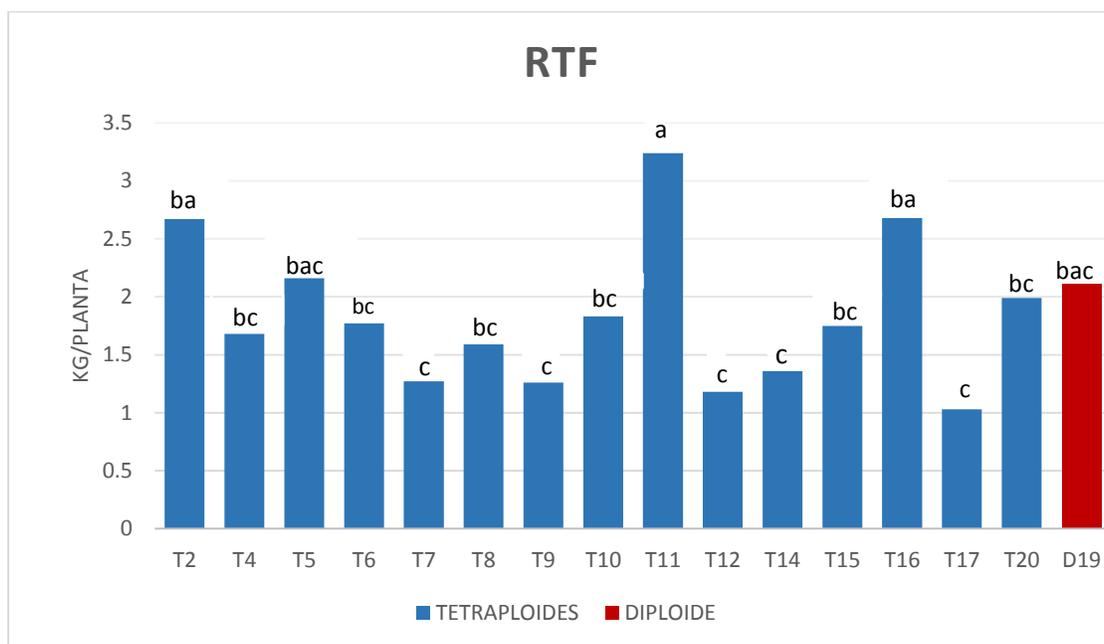


Figura 3. Rendimiento total del fruto, comparación de 15 generaciones tetraploides y el diploide Var. Rendidora

Número de frutos por planta

En la comparación de medias en la figura 4, muestra que el valor más alto fue presentado por el tetraploide T16 con (80.30 frutos/planta), y el valor más bajo fue del tetraploide T17 (36.37 frutos/planta), para al testigo diploide Var. Rendidora fue de (62.64 frutos/planta). Sin embargo en los resultados obtenidos en el NFP el tetraploide T16 superó en un 21.98 % al diploide Var. Rendidora, aunque fue estadísticamente iguales ($P > 0.05$) a los autotetraploide T14, T11 y T2, incluyendo al diploide T19. Esto nos indica que hay poblaciones de autotetraploides que podrían seleccionarse para un programa de mejoramiento genético. Luna (2014) menciona que en el número de frutos por planta es altamente afectada por las condiciones climáticas como la humedad relativa, alta y baja temperatura, este autor no encontró diferencias estadísticas en todos los tratamientos aunque el testigo (diploide) Rendidora supero a algunos de los tetraploides. Pero en este trabajo hubo tres poblaciones avanzadas autotetraploides que superaron al testigo diploide.

Una investigación realizado por Antonio y Solís (1999), demostraron que al aumentar el peso de los frutos redujo el número de ellos por planta. Un estudio realizado por Ramírez (2013) encontró diferencias altamente significativas para esta variable al comparar poblaciones diploides y tetraploides de tomate de cáscara.

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 inflorescencia que poseen los cultivares.

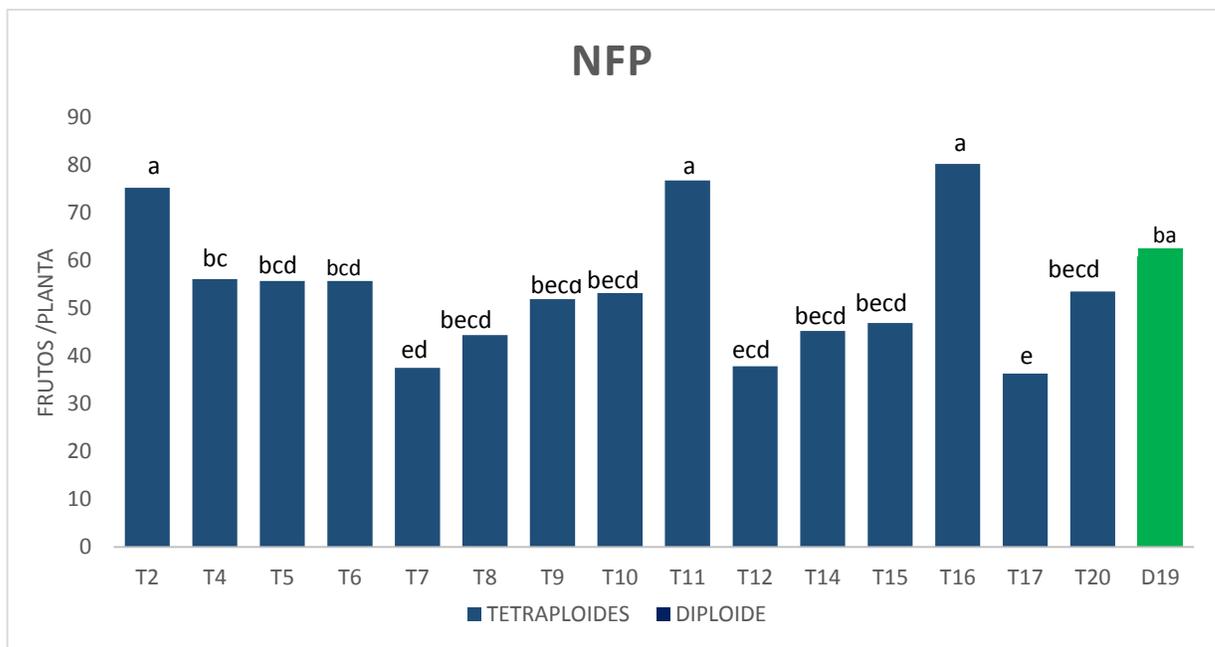


Figura 4. Número de fruto por planta, comparación de 15 tetraploides y el Var. Rendidora de tomate de cáscara en General Cepeda, Coahuila.

Peso promedio de fruto

El PPF es uno de los parámetros más importantes que contribuyen en el rendimiento del cultivo de tomate de cáscara, en este trabajo se encontró que en la población del autotetraploide T11 (42.41g) presentó el mayor PPF y el tratamiento con menor peso de fruto fue el T5 (24.50g) y el testigo diploide var. Rendidora presentó D19 (33.66g) pero estadísticamente son iguales todos los tratamientos. Tal vez se deba a que las poblaciones tetraploides presentaron frutos muy pequeños con poco peso, pero en gran cantidad, más sin embargo no hubo diferencias significativas. Pero es posible observar la gran variabilidad en PPF que existe en las poblaciones tetraploides y diploide bajo estudio. Ramírez (2013) menciona, al no encontrar diferencias significativas indica que la formación de tetraploides redujo el PPF.

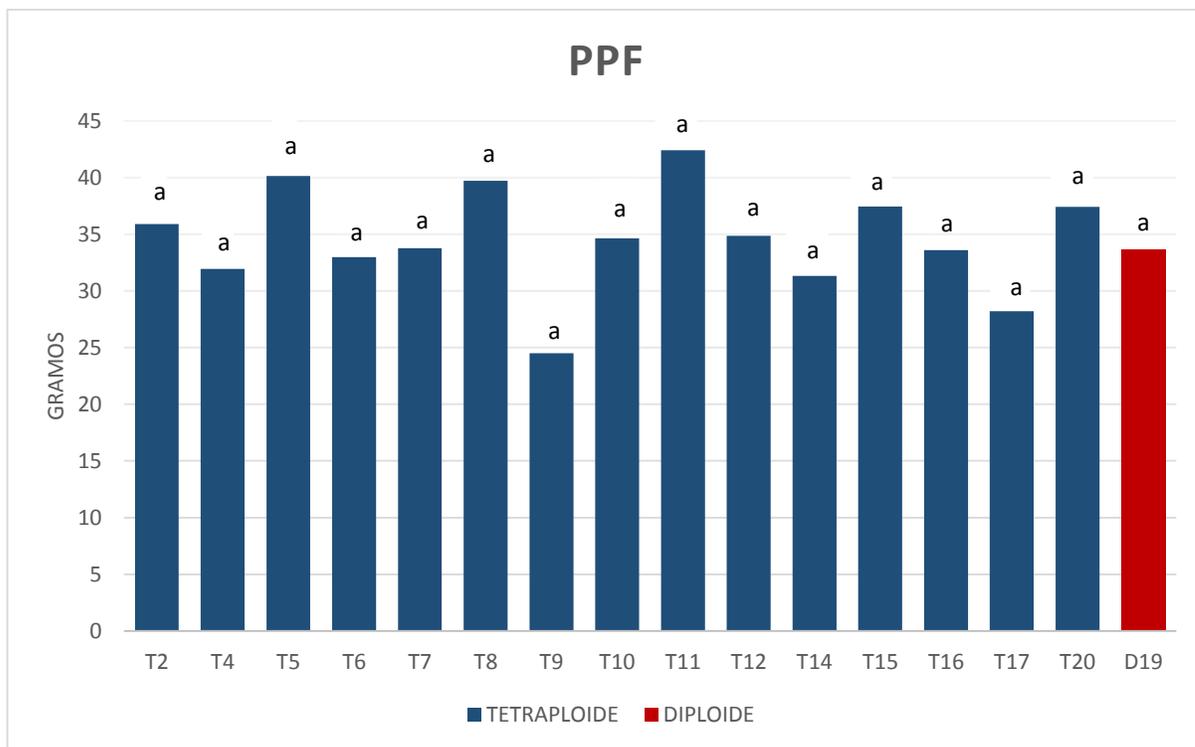


Figura 5. Peso promedio de fruto, en comparación de diploide y tetraploides evaluados en General Cepeda, Coahuila.

Diámetro ecuatorial del Fruto

Para esta variable se encontró que las poblaciones autotetraploides presentaron en promedio un rango de diámetro ecuatorial entre (52.10 mm a 43.10 mm) sin embargo, el testigo presentó el valor más bajo de 42.10 mm (figura 6). Aunque en DEF trece poblaciones autotetraploides fueron estadísticamente iguales ($P > 0.05$) y superaron al testigo diploide. Esto nos muestra que las poblaciones autotetraploides superaron al testigo en el diámetro ecuatorial.

El Diámetro Ecuatorial del Fruto (DEF) es una variable muy importante que contribuye en el tamaño del fruto, los valores medios del diámetro ecuatorial indica que la mayoría de los frutos de los autotetraploides tienden a una forma más aplanada de los polos.

Luna (2014) encontró una diferencia altamente significativas para DEF, donde definió valores máximos 37.28 mm y mínimos 28.97 mm, el diploide de 38.00 a 46.58 mm de diámetro ecuatorial. Hidalgo *et al.* (1998) clasifican como tomates de tamaño mediano.

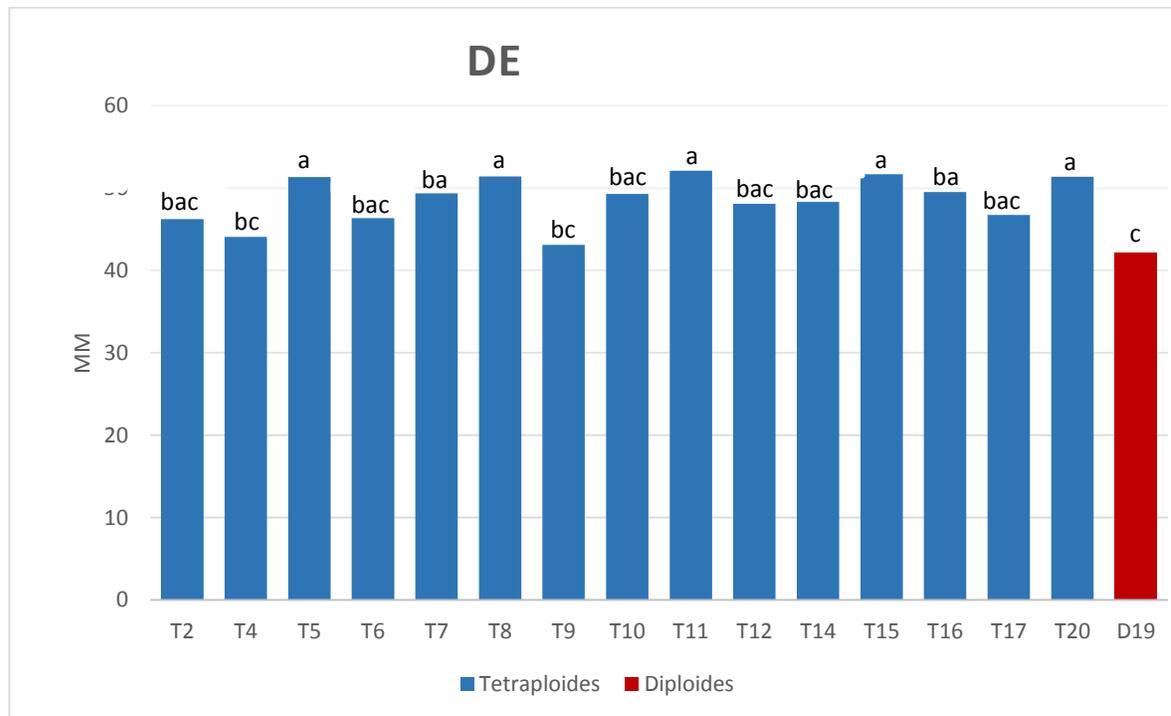


Figura 6. Diámetro ecuatorial, en comparación de 15 tetraploides y diploide Var. Rendidora.

Diámetro polar del Fruto

En la comparación de medias el Diámetro Polar del Fruto (DPF) es una variable que contribuye tanto al tamaño y forma del fruto y esto está relacionado con la calidad del mismo. En el presente trabajo se puede observar que los autotetraploides T20 (36.15 mm), T11 (36.11 mm) presentaron los valores más altos, mientras los valores más bajo de DPF lo presentó el T17 (31.72mm). Sin embargo no hubo diferencias estadísticas entre el diploide testigo var. Rendidora (35.26mm) y las poblaciones autotetraploides. La forma ovada del fruto de los autotetraploides en

tomate de cáscara, es debido a que el diámetro ecuatorial fue más grande que el diámetro polar, como lo menciona Aleza *et al.*, (2009) en otras especies.

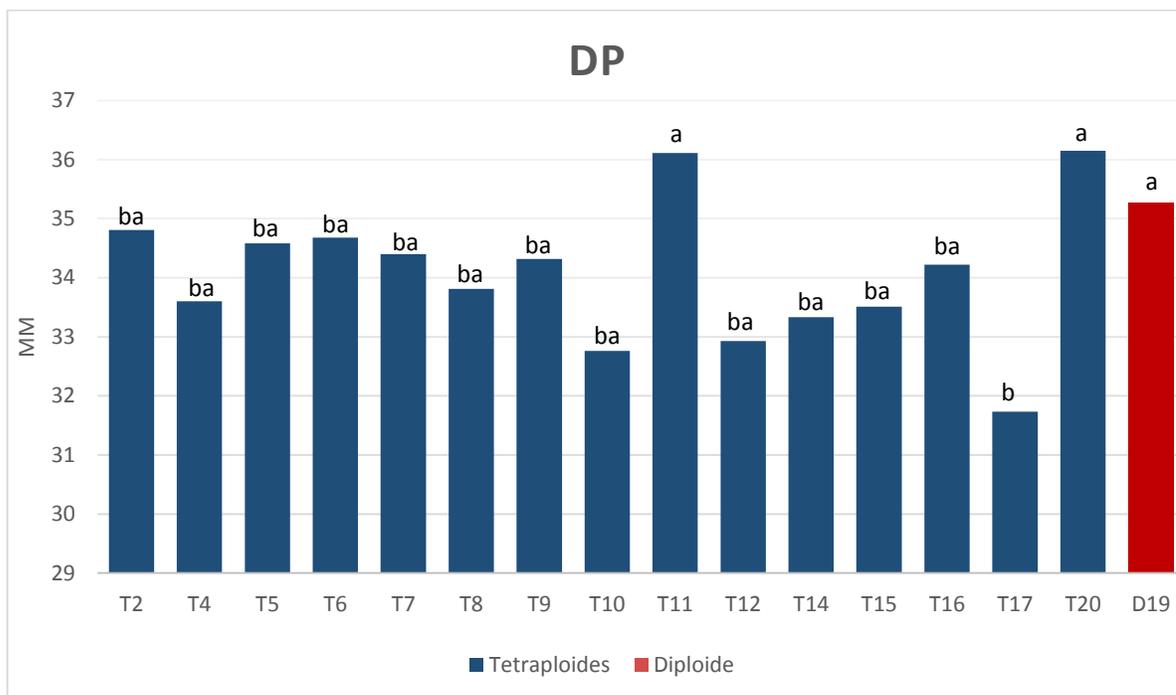


Figura 7. Diámetro polar de tomate de cáscara, comparación de diploide Var. Rendidora y 15 generaciones de tetraploides.

Calidad de fruto

En el análisis de varianza no mostró diferencias significativas en calidad de fruto para los sólidos solubles totales (SST) indicando que las poblaciones autotetraploides fueron iguales al diploide Rendidora (cuadro 4).

Cuadro 4. Cuadros medios del análisis de varianza y valores F, aplicando a los componentes de calidad de fruto de 15 tetraploides y el diploide Var. Rendidora en tomate de cáscara.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	SST	F
Repeticiones	3	0.01	0.92ns
Tratamientos	15	0.01	1.17ns
Error	45	0.01	
CV (%)		4.88	

SST= Soluciones Solubles Totales, NS= no significativo ($P>0.05$), * significativo ($P<0.05$), ** altamente significativo ($P<0.01$).

Sólidos Solubles Totales

De acuerdo a la comparación de medias en SST todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales, en la figura 8, se muestra que el tratamiento T4 (7.3850 °Brix) presentó el valor más alto, seguido del tratamiento T12 (7.34 °Brix) mientras que el testigo Var. Rendidora (diploide) mostró un valor bajo de (6.0575 °Brix) y los valores más bajos fueron los autotetraploides T15 (6.18 °Brix), T9 (6.45 °Brix) y estadísticamente fueron iguales. Ramírez (2013) menciona que al no encontrar diferencias significativas en sólidos solubles totales en tomate de cáscara, se debe que el incremento del nivel de ploidia no modifica la capacidad de sintetizar sólidos solubles totales (azúcares, ácidos orgánicos, aminoácidos).

Los °Brix es una variable muy importante, que está relacionada con el sabor del fruto y la acumulación de azúcares por parte de la planta, por lo tanto nos ayudan a determinar la concentración de sacarosa que contiene un fruto maduro, esto resulta importante desde el punto de vista alimenticio. Sin embargo en este trabajo se encontró que la poliploidia y el avance de generaciones no modifican las

concentraciones de azúcar en los autotetraploides. Ramsey y Schemske (2002), indica que las poblaciones autotetraploides estudiadas requieren de selección, se ha reportado que los autotetraploides recién formados son altamente variables y frecuentemente hay reducción en la fertilidad.

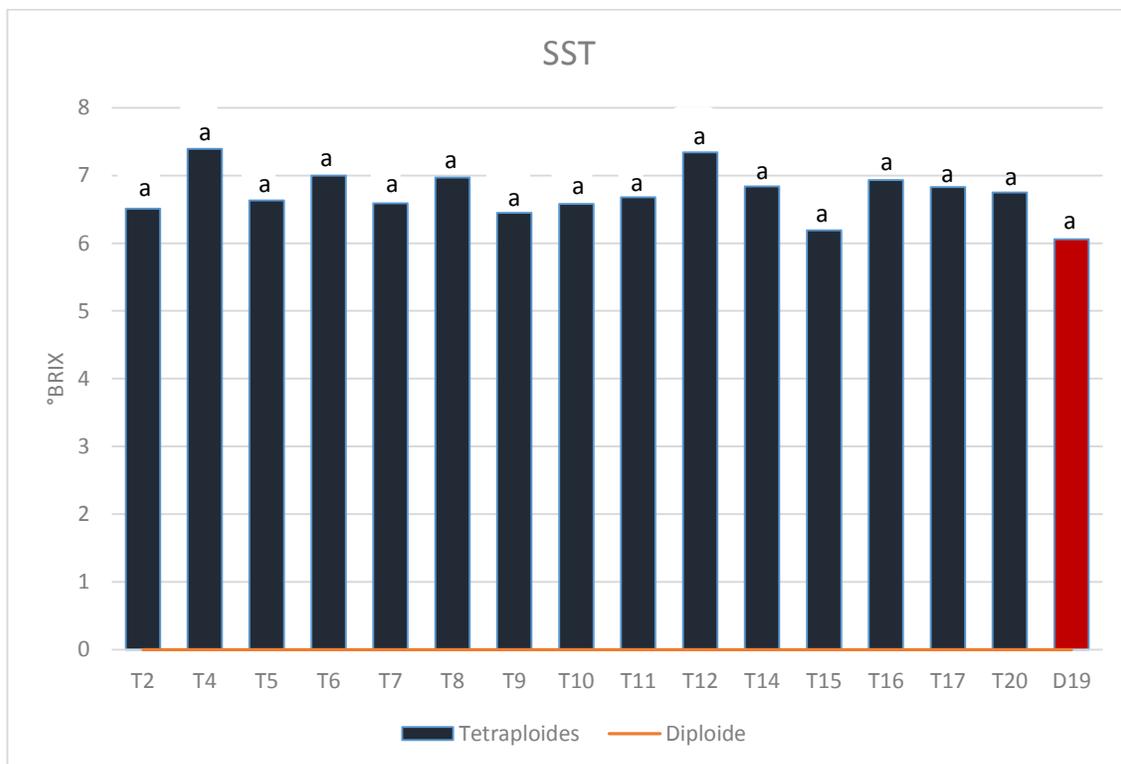


Figura 8. Solidos solubles totales de tomate de cáscara, comparación de tetraploides y diploide Var. Rendidora.

Análisis morfológico

El análisis de varianza realizado para variables morfológicas de tomate de cáscara diploide y autotetraploides, exhibió diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) en AH, DF, AP y significativas ($P < 0.05$) para DT, para LH no hubo diferencias significativas (cuadro 5), esto se debe posiblemente a que el aumento en el nivel de ploidía incremento el desarrollo y vigor de las plantas autotetraploides de tomatillo (cuadro 5).

Cuadro 5. Cuadros Medios del análisis de varianza y valores de F, aplicado a los componentes de análisis morfológico de 15 tetraploides y el diploide Var. Rendidora en tomate de cáscara.

Fuente de Variación	G L	AH	F	LH	F	DF	F	DT	F	AP	F
Rep	3	0.01	1.03ns	0.04	1.81ns	0.00	0.00ns	0.008	1.13ns	0.62	3.60*
Trat	15	0.04	2.89**	0.04	1.68ns	0.13	5.49**	0.016	2.13*	4.31	24.80**
Error	45	0.01		0.02		0.002		0.007		0.17	
CV (%)		4.41		3.78		3.14		5.579		4.70	

AH= ancho de hoja; LH=largo de hoja; DF= diámetro de flor; DT= diámetro de tallo; AP=altura de planta. CV= Coeficiente de variación, ns = no significativo ($P > 0.05$), * significativo ($p < 0.05$), ** altamente significativo ($p < 0.01$).

Los autotetraploides de tomate de cáscara presentaron mayor altura de planta, ancho de hoja, mayor diámetro de flore y tallos que el diploide rendidora, coincidiendo con Molero y Matos (2008) quienes observaron que la duplicación cromosómica en las células poliploides de *Aloe vera* causa un incremento en la altura de las plantas y en la longitud, ancho, espesor y volumen foliar respecto a las plantas diploides y quimeras, por lo que se estima que la poliploidización podría constituir una alternativa para aumentar la producción de biomasa celular en esta especie. Cequea (2000) menciona que los autopoliploides tienen una tolerancia ecológica más amplia y tamaños celulares más grandes, Imery y Cequea (2001) encontraron que genotipos tetraploides de *A. vera* producían mayor acumulación de biomasa foliar, debido especialmente al incremento en el ancho y espesor en la hojas. El área foliar es una variable importante debido a que se relaciona directamente con la actividad fotosintética y ésta con la acumulación de reservas (Poehlman y Allen, 2005).

Ancho de la hoja

En la comparación de medias aplicado en esta variable, exhibió diferencias significativas al ($P < 0.05$) La población diploide tuvo un promedio de (6.81cm) mientras que los autotetraploides presentaron en promedio de (7.85 a 9.29cm). El tetraploide T14, presentó el valor más alto con 9.29cm y fue estadísticamente igual al T10, T11 y T17, el T9 presentó el valor más bajo con 7.85 cm (figura 7). Estos resultados coinciden con los encontrados por Chen *et al.*, (2011) en plantas tetraploides de *Anthurium andraeanum* "Arizona" inducidas con colchicina ya que las plantas tetraploides presentaron peciolo firmes, hojas gruesas y de un verde más oscuro, además vivieron más tiempo en comparación a las plantas diploides.

Como lo reporta Fogg (1967) en híbridos de tomate, la cantidad de fotosíntesis que una planta realiza depende de la superficie de la hoja, de los órganos fotosintéticos que posea y de la actividad fotosintética por unidad de estos tejidos y la duración de estos. El AH es una variable muy importante que se relaciona con la actividad fotosintética de la planta y eso nos da un mejor rendimiento en el fruto.

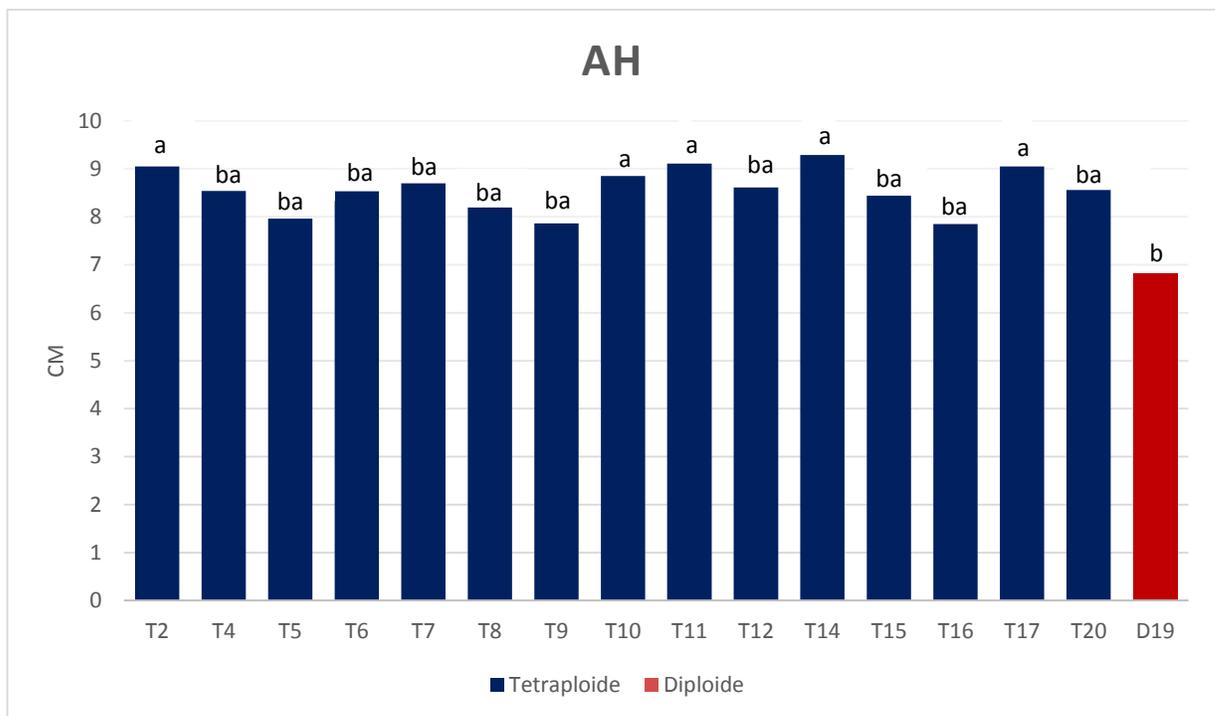


Figura 9. Ancho de hoja. Comparación de 15 generaciones tetraploide y diploide Var. Rendidora del cultivo de tomate de cáscara.

Largo de hoja

Respecto a la Longitud de Hoja (LH) en la comparación de medias no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre el diploide y las poblaciones de autotetraploides. Al igual que el ancho de la hoja, determinan el área foliar y son muy importantes en la fotosíntesis y transpiración de la planta. En este trabajo la población diploide presentó en promedio de 17.95 cm y los tetraploides de 16.19 cm a 20.19. Estos resultados se deban probablemente que al aumentar el nivel de plodía hay un cambio morfológico teniendo a ser las hojas más anchas que largas en las poblaciones autotetraploides.

Como lo menciona Barraza *et al.*, (2004) al realizar estudios sobre el área foliar de híbridos de tomate, encontró que el área foliar depende del número de hojas, velocidad de crecimiento y del tamaño final.

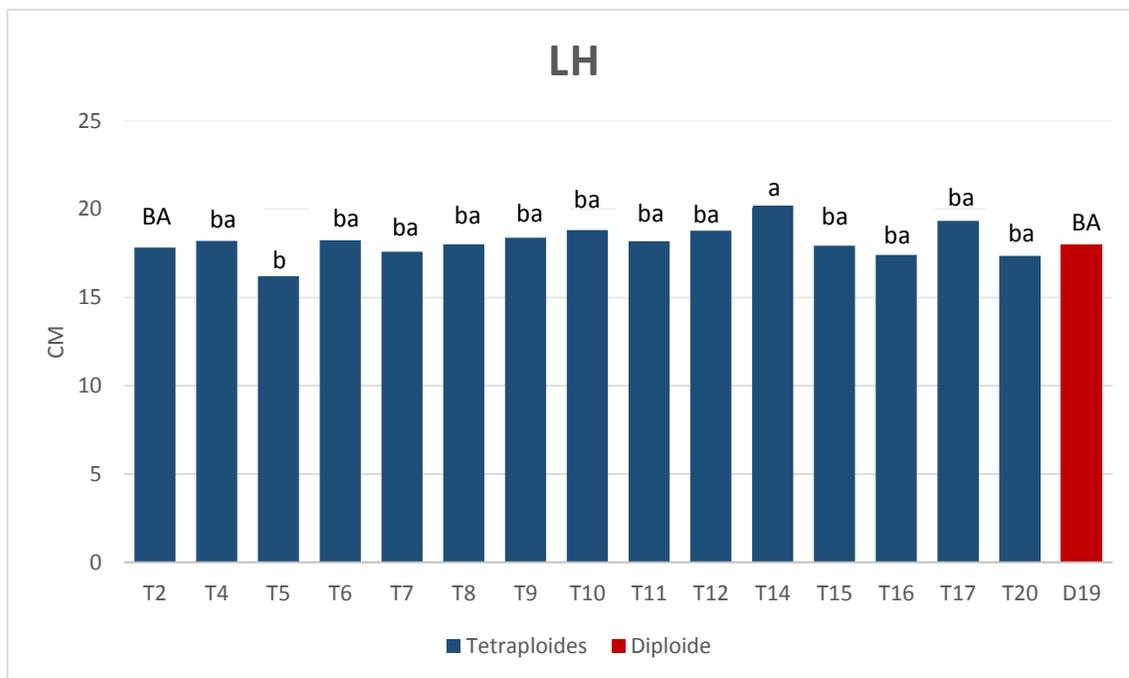


Figura 10. Longitud de hoja, comparación de diploide Var rendidora y tetraploides en General Cepeda, Coahuila.

Diámetro de Flor

Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$) en el Diámetro de Flor (DF), es una variable muy importante ya que va relacionada con el tamaño del fruto, los tetraploides presentaron en promedio 2.38 a 2.82 cm, el tetraploide T2 presentó el valor más alto de 2.82 y el más bajo fue del T4 con 2.38 cm, mientras que el diploide presentó flores de menor diámetro de 2.07 cm, en esta investigación se encontró que catorce poblaciones autotetraploides fueron estadísticamente iguales y superaron al testigo, coincidiendo con Liu *et al.*, (2007) quienes encontraron diferencias morfológicas entre diploides y tetraploides de *Platanus acerifolia* desarrolladas con el uso de la colchicina, mientras en *Gerbera jamesonii* Bolus cv. Sciella 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 (Gantait *et al.*, 2011). Una variable que está relacionada con el tamaño de fruto, es el tamaño de la flor y en

este resultado de acuerdo a los valores observados se puede afirmar que existe amplia variabilidad respecto a esta característica.

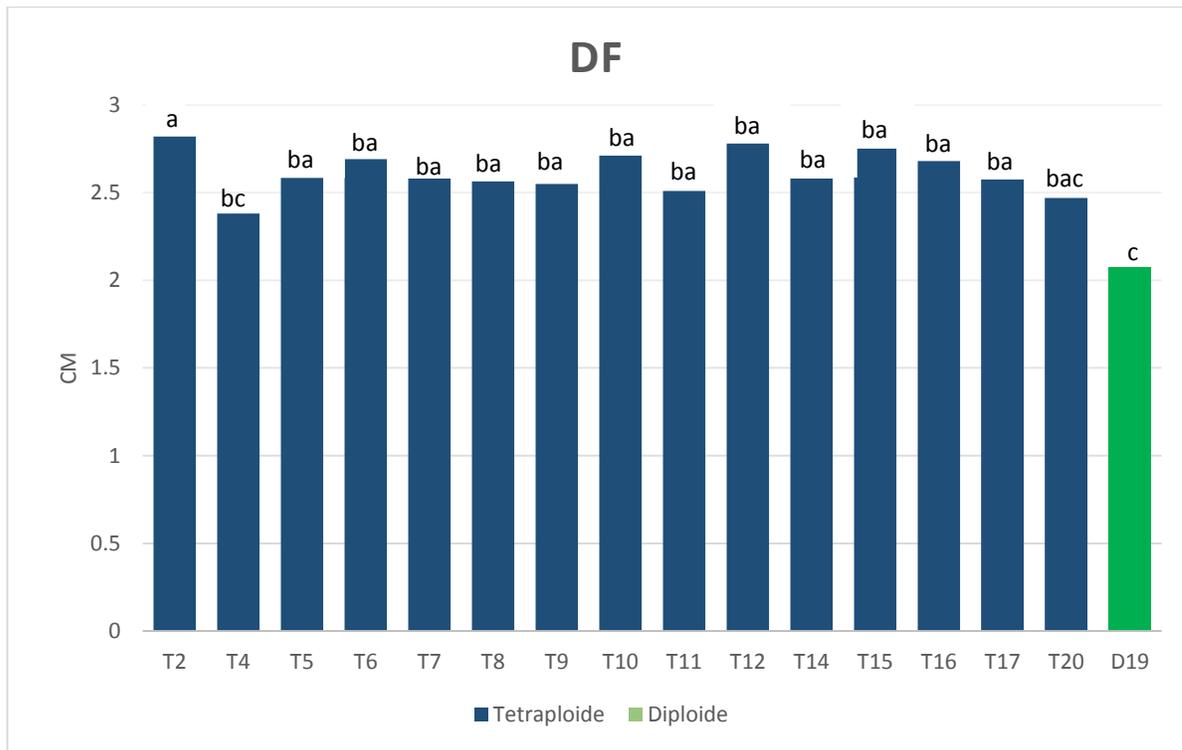


Figura 11. Diámetro de flor. Comparación de tetraploides y diploide Var. Rendidora evaluados en General Cepeda, Coahuila.

Diámetro del Tallo

Entre poblaciones tetraploides y diploide, se encontraron diferencias significativas al ($P > 0.05$) en las medias del diámetro del tallo (DT), la población tetraploide T4 con (2.81 cm) fue el que presentó un valor más alto y el valor más bajo lo presentó el T2 (2.9 cm), mientras que el testigo diploide D19 (2.36 cm) fue uno de los valores más bajos, esto nos indica que los autotetraploides superaron al testigo diploide, sin embargo estadísticamente fueron iguales las poblaciones autotetraploides y el diploide. Estas características morfológicas son de gran

importancia debida a que la duplicación cromosómica tiende a mayor soporte a la planta por la masa foliar y fruto del mismo.

Estos resultados difieren con los de Molero y Matos (2008) observaron que la duplicación cromosómica en las células poliploides de *Aloe vera* causa un incremento en la altura de las plantas y en la longitud, diámetro, espesor y volumen foliar con respecto a las plantas diploides y quimeras.

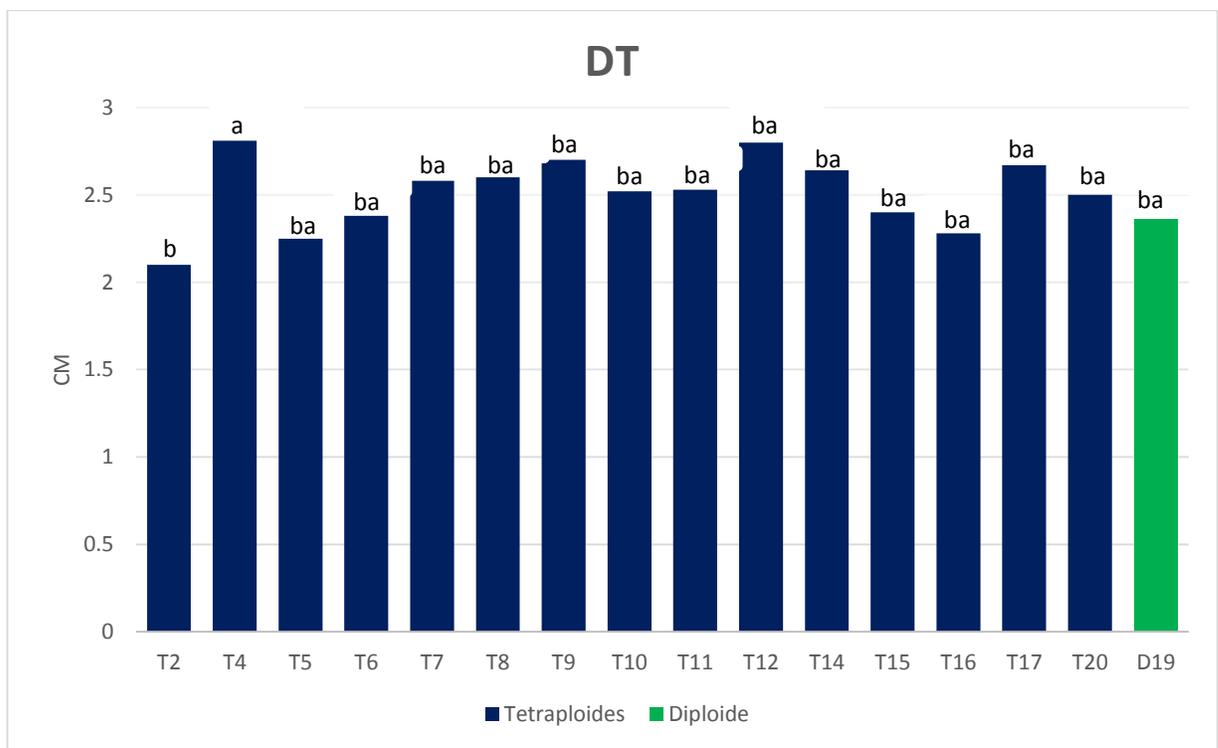


Figura 12. Diámetro de tallo, comparación de tetraploides y diploide Var. Rendidora en tomate de cáscara.

Altura de la Planta

De acuerdo a la comparación de medias en cuanto a la altura de la planta (AP) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$), el valor más alto fue de la población autotetraploide T7 (110.103 cm), seguido del T14 (105.83 cm), T10 (105.50 cm) y T4 (105.03 cm) y fueron estadísticamente diferentes al

testigo diploide D19 con una altura de (82.19 cm), como se muestra en la (figura 13). Estos resultados nos indican que la duplicación cromosómica de tomate de cáscara incrementó el desarrollo del tallo de igual manera la altura del mismo. Cuatro de las poblaciones autotetraploides fueron estadísticamente iguales pero diferentes del testigo diploide. De acuerdo con Gantait *et al.*, (2011) los tetraploides de *Gerbera* mostraron un crecimiento lento, pero tuvieron mayor vigor, hojas anchas y engrosadas, además desarrollaron flores más grandes y tallos más largos. En un trabajo realizado por Casiano (2012) en donde no encontró diferencias significativas entre poblaciones diploides y tetraploides de tomate de cáscara, indica que esto fue debido a que el muestreo fue en una etapa temprana del desarrollo del cultivo, ya que normalmente el crecimiento final de los tetraploides es mayor.

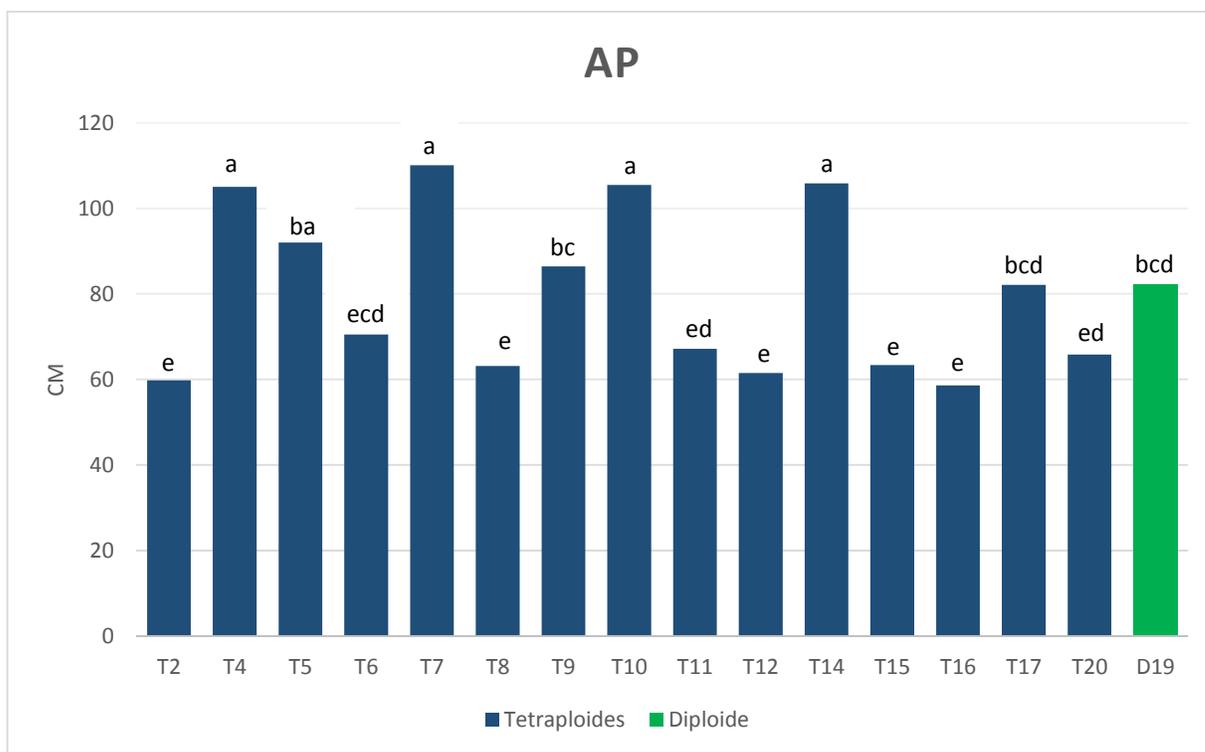


Figura 13. Altura de la planta, comparación de diploide Var. Rendidora y 15 generaciones tetraploides de tomate de cáscara.

CONCLUSIONES

En todos los componentes de rendimiento estudiados el T11 fue el mejor de todos los tratamientos, excepto en la PPF, se encontraron diferencias altamente significativas entre autotetraploides y el diploide, lo cual indica una amplia variabilidad genética entre las poblaciones autotetraploides avanzadas y el diploide del cual se formaron.

En la AP el T7, AH T14, DF T2 y DT T4 fueron los mejores tratamientos en la caracterización morfológica. La duplicación cromosómica en tomate de cáscara contribuyó a la modificación de la forma de frutos, resultando estos de forma achatada de los polos, característica relevante para la calidad de fruto en tomate de cáscara.

El tomate de cáscara en la formación de tetraploides permite incrementar el tamaño de fruto y modificar otros parámetros de la planta, como el tamaño de la planta, diámetro de la flor, y el tamaño del fruto, generando poblaciones vigorosas.

En las poblaciones bajo estudio se encontró una amplia variabilidad, por lo tanto existe la posibilidad de realizar selección de autotetraploides para el mejoramiento genético.

LITERATURA CITADA

- Aleza, P. Juárez, J. Ollitrault, P. Navarro, L. 2009. Production of tetraploid plants of non-apomictic citrus genotypes. *Plant Cell Reports* 28(12):1837-1846.
- Alvarado, N. J. (1995). Estimación de varianza aditiva y heredabilidad en tomate (*Physalis ixocarpa*, Brot), Material SB 1200-93, derivado del cultivar "rendidora" Tesis de Licenciatura, Depto. de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo.
- Anónimo. 1993. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Tomo I. D. F., México. pp. 215- 217.
- Antonio, A. Solís, V. 1999. Evaluación del rendimiento, calidad, precosidad y vida de anaquel de 21 genotipos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero en chapingo, mexico. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, mexico. 85 p.
- Antonio, A. Solís, V. 1999. Evaluación del rendimiento, calidad, precosidad y vida de anaquel de 21 genotipos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero de Chapingo, México. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México. 85p.
- Ayala, P. J. P. (1992). Caracterización de germoplasma de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot) en Chapingo, México. Tesis de Licenciatura, Departamento de Fitotecnia, UACH. 62 pp.
- Barraza, F., V., Fischer, G.; Cardona, C. E. 2004. Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) en el Valle del Sinú medio, Colombia. *Agronomía Colombiana*. 22(1):81-90.
- Cabrera, V. F. A. 2002. Mejoramiento Genético de Plantas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) Biblioteca Agropecuaria de Colombia, calombia. 958-8095-11-5-402p.

- Calderón, F. 1989. El cultivo hidropónico. Manual práctico. Publicidad Artes-Graficas, Diseño. Bogotá Colombia.
- Cantwell, M. Flores, J. Trejo, A. 1992. Developmental changes and postharvest physiology of tomatillo fruits (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Sci. Hortic-Amsterdam*. 50: 59-70.
- Cartujano, E. F. 1984. Desarrollo y fenología del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) var. Rendidora. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México. 65 p.
- Casiano, V. L. 2012. Estudio comparativo de caracteres morfológicos y estomáticos en tres niveles de ploidía en *Physalis ixocarpa* Brot. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- Cequea, A. C. 2000. Cytogenetic analysis of the artificial tetraploid *Lycopersicon esculentum* var. Cerasiforme. *Science*, 82: 119-126.
- Chen, Ch.; Hou, X.; Zhang, H.; Wang, G. and Tian, L. 2011. Induction of *Anthurium andraeanum* "Arizona" tetraploid by colchicine in vitro. *Euphytica*. 181: 137-14.
- Corona, A. M. 1993. Evaluación semicomercial de técnicas de manejo para producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot). Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia UACH. Chapingo, México. 105 Pág.
- Cubero, J. I. 2003. Introducción a la mejora genética vegetal (2 ed.). Mundi-Prensa. España. 365 p.
- Doyle, J.J. Flagel, E.L. Paterson, H.A. Rapp, A.R. Soltis, E.D. Soltis, S.P. Wendel, F.J. 2008. Evolutionary genetics of genome merger and doubling in plants. *Annu. Rev. Genet.* 42: 443-461.
- Dybing, C. D and H.B. Currier. 1961. Foliar Penetration by Chemicals. *Plants Physiology*. 25: 70-80.
- Fegan, E. W. 1989. IICA. Programa Cooperativo de Investigación Agrícola para la Subregion Andina – PROCIANDINO/BID; Instituto Nacional de Investigaciones

- Agraria y Agroindustrial, Lima (Peru); 13. Curso: Mejoramiento Genético del Maíz, Lima.
- Félix, G.R.; Ávila, D.J.A.; Valenzuela, C.B.O.; Trigueros, S.J.A.; Longoria, E.R.M. 2007. Identificación y control químico de los agentes causales de la mancha foliar y la cenicilla del tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.) en el norte de Sinaloa, México. Revista Mexicana de Fitopatología, enero-junio, año/vol. 25, número 001, 2007. Cd. Obregón, México. Pp. 1-10.
- Fernández, O. V. y L. Garza. 1982. Apuntes de la cátedra de hortalizas Universidad Autónoma de Chapingo. Inédito Chapingo, México. S/p.
- Fogg, G. E. 1967. El crecimiento de las plantas. Editorial Universitaria de Buenos Aires (EUDEBA). 327 p.
- Fundación PRODUCE Sinaloa A.C. 2005. MEMORIA: Jornada de Tecnología de Producción de Tomatillo. Culiacán, Sinaloa, México. 2005. 74 p.
- Gantait, S. Mandal, N. Bhattacharyya, S. Das, P.K. 2011. Induction and identification of tetraploid using in vitro colchicine treatment of *Gerbera jamesonii* Bolus cv. Scielle. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 106 (3):485-493.
- García, S.F. 2001. *Physalis*. En Rzedowski, J. y G. Calderón de R. (Eds.) Flora Fanerogámica del Valle de México. Segunda Edición. Instituto de Ecología A.C., Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), Pátzcuaro, Michoacán. Pp. 659-663.
- Grimaldo, J.O. García, V.A. Peña, L.A. 1999. Morfología Cromosómica y comportamiento meiótico en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) Revista Chapingo Serie Horticultura 5(1) 31-35.
- He, Y.C. Ge, J. Wei, Q. Jiang, A.M. Gan, L. Song, Z.J. Cai, D.T. 2011. Using a polyploid meiosis stability (PMeS) line as a parent improves embryo development and the seed set rate of a tetraploid rice hybrid. Can. J. Plant Sci. 91:325-335.

- Hidalgo, G.J. C. Alcanter, C.G.A. Baca, Sánchez, G.P. E.A. Escalante. 1998. Efecto de la condición, concentración y pH del fertilizante foliar, sobre el rendimiento y calidad de tomate Terra 16(2):143-148.
- Hudson, D. W. 1986. Relationships of Domesticated and Wild *Physalis philadelphica*. En: D'Arcy W. G. (Ed.). Solanaceae Biology and Systematics. Columbia University Press. New York, U.S.A. Pp. 416-432.
- Imery, J. and Cequea, H. 2001. Colchicine-induced autotetraploid in *Aloe vera* L. *mycologia*. 66:409-413.
- Jiménez, G.R.; Domínguez, R.R.; Peña, L.A. 1992. Plagas insectiles del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en Chapingo, México. Revista Chapingo, enero-marzo, año XVI, Núm. 77, 1992.
- Leitch, A.R. Leitch, I.J. 2008. Genomic plasticity and the diversity of polyploid plants. *Science* 320:481-483.
- Liu, G.; Li, Z. and Bao, M. 2007. Colchicine –induced chromosome doubling in *Platanus acerifolia* and its effect on plant morphology. *Euphytic*. 157(1-2):145-154.
- López, R.J. 2011. El cultivo de tomate de cáscara. (Disponible en www.tecnoagro.com.mx).
- Luna, M. M. 2014. Evaluación de rendimiento y calidad de fruto, estabilidad meiótica y viabilidad de polen, en cuatro generaciones de autotetraploides de *Physalis ixocarpa*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- Lus, J. 2008. Raigrás anual, panorama varietal para la correcta elección del mejor cultivar, Presentado en el X Congreso Nacional de Lechería. *Producir XXI*, Bs. As., 16(196):12-24.

- Martínez, D. M. L. 1998. Revision of *Physalis* Section Epeteiorhiza (Solanaceae). Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botanica 69(2):71-117.
- Martínez, D.M.L. 1998. Revision of *Physalis* Section Epeteiorhiza (Solanaceae). Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botanica 69(2):71-117.
- Medina, C. J. 1996. Aplicación de micronutrientes en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en Chapingo. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México. 103 p.
- Mendoza, R. E. 2012. Estimación del Rendimiento, componentes del rendimiento y heterosis en triploides de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en general cepeda, Coahuila. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México
- Menzel, Y.M. 1951. The cytotaxonomy and genetics of *Physalis*. Proc. Amer. Philos. Soc. 95(2):132-183.
- Molero, P., T. Y Matos, A. 2008. Efectos de la inducción artificial de la poliploidia en plantas de Aloe vera (L.). revicy HLUZ. Boletín de 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.
- Pandey, K.K. 1957. Genetics of self-incompatibility in *Physalis ixocarpa* Brot. A new system. American Journal of Botany 44:879-887.
- Parisod, C. Holderegger, R. Brochmann, C. 2010. Evolutionary consequences of autopolyploidy. New Phytol. 186:5-17.

- Peña, L. A. y J.F. Santiaguillo, H. 1999. Variabilidad genética de tomate de cáscara en Mexico. Boletín Técnico No. 3., Enero de 1999. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo. Edo. De Mexico. 16 pp.
- Peña, L. A., F. Marquez. 1990. Mejoramiento genético de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Rev. Chapingo 71/72:85-88.
- Peña, L., A.; Márquez, S. F. 1990. Mejoramiento genético de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en México. Revista Chapingo Serie Horticultura 15(71-72): 84-88.
- Peña, L.A; 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.
- Pérez, G.M. Marquez, S.F. Peña, L.A. 1997. Mejoramiento Genético de Hortalizas. Departamento de Fitotecnia. 1a Ed. Universidad Autónoma de Chapingo, México 380 p.
- Piñero, D. J C. Mellado, D. C. Toledo, C. E. Canteros, A. Casas (2008). La diversidad genética como instrumento para la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad: estudios en especies mexicanas, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 437-494
- Poehlman, J.M. Allen, S.D. 2005. Mejoramiento genético de las cosechas. Segunda edición. Limusa. México, 511 p.
- 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.
- 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.

- Ramsey, J. Schemske, D.W. (2002) Neopolyploidy in flowering plants. *Annual Review Ecology and Systematics* 33: 589-639.
- Santiaguillo, H. J. F. y A. Peña, L. 1997. Tomate de cáscara. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. UACH. Chapingo, México.
- Santiaguillo, H. J. F.; Cedillo, P. E.; Cuevas, S. J. A. 2010. Distribución geográfica del *Physalis* spp. En México. UACH-Prometeo Editores. México. 245 p.
- Santiaguillo, H.J.F. Cervantes, S.T. Peña, L.A. 2004. Selección para rendimiento y calidad de fruto de cruza planta x planta entre variedades de tomate de cáscara. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 27:85-91.
- Santiaguillo, H.J.F.; Cedillo, P. E.; Cuevas, S.J.A.; 2010. Distribución geográfica de *Physalis* spp. En México. Prometeo Editores S.A. de C. V. Primera edición en español, octubre 2010. Págs. 245.
- Santos, C.M.E.; Chávez, M.J.A.; Fierro, C.J.A.; Ruelas, A.R.D.; Barreras, S.M.A.; Méndez, L.J. y Leyva, L.E. 2007. First report of Candidatus "Phytoplasma asteris" infecting tomatillo (*Physalis ixocarpa*) in Sinaloa, México. *Plant Pathology* (2007) 56, 721.
- Santos, Y. 2006. Estudio de la diversidad genética en una población de cocotero de Cuba. Tesis de Maestría, Facultad de Biología.
- Saray, M.C.R. 1997 Tomate de Cáscara, Algunos Aspectos Sobre su Fisiología e Investigación. Campo Agrícola Experimental Zacatepec, Morelos. 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.
- SIAP-SAGARPA, 2016. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. www.siap.sagarpa.gob.mx.

- Soto, G.; Peña, A.; Santiaguillo, H.J.F.; Rodríguez, J.E.; Palacios, A. 1998. Resistencia a *Fusarium* sp. De 95 colectas de tomate de cáscara (*Physalis* spp.). Revista Chapingo Serie Horticultura 4(1):51-55, 1998.
- Taba, S. 1991. Caracterización y evaluación de germoplasma de maíz. en: Castillo, R; Estrella, I; y Tapia, C. (eds.). Técnicas para el manejo y usode recursos genéticos vegetales, Departamento de Recursos Fitogeneticos, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP. Quito, Ecuador. p. 161-166.
- Taboada, M.S. y Oliver, G. R. (Eds.). 2004. Cultivos alternativos en México. 1a edición. Editorial AGT Editor S.A. México, D.F. Pp. 169.
- Vileta-Morales, E.A. y Candeira, A.C. 1996. Principios genéticos para recursos genéticos. En: Puignau, J. p. (ed.). Curso sobre conservación de germoplasma vegetal. Brasilia, Brasil. 19-30 de septiembre de 1994. Montevideo: Dialogo XLV-IIICA-Precisur. p. 35-48.