

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



**CARACTERÍSTICAS DE ESTOMAS Y VASOS DE XILEMA EN  
TETRAPLOIDES DE TOMATE DE CÁSCARA**

**Por:**

**CASTOR HERNANDEZ LUIS**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:**

**Ingeniero Agrónomo en Horticultura**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Marzo de 2009**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**CARACTERÍSTICAS DE ESTOMAS Y VASOS DE XILEMA EN  
TETRAPLOIDES DE TOMATE DE CÁSCARA**

**TESIS**

Presentada por:

**CASTOR HERNANDEZ LUIS**

Que Somete a Consideración del H. Jurado Examinador Como Requisito  
Parcial para Obtener el Título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

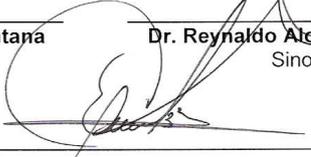
Aprobada por:

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Valentín Robledo Torres**  
Presidente del jurado

  
\_\_\_\_\_  
**M.C. Francisca Ramírez Godina**  
Sinodal

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. Ernesto Jiménez Santana**  
Sinodal

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Reynaldo Alonso Velasco**  
Sinodal

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo**  
Coordinador de la División de Agronomía

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.  
Marzo de 2009

## DEDICATORIA

### **A Mis Padres:**

#### **Alejo Hernández Ángeles y Ángela Luis López**

Con todo el respeto y amor, por su gran ejemplo, enseñanza y valioso apoyo en todo momento a lo largo de mi vida; por el gran sacrificio y esfuerzo realizado para apoyarme a alcanzar satisfactoriamente mis objetivos, depositando su confianza en mí, y al haberme inculcado esos valores de respeto, humildad, responsabilidad y superación, ya que sin ello no hubiera sido posible llegar hasta estas alturas. Les agradezco infinitamente y de todo corazón.

### **A MIS HERMANOS:**

#### **Estela**

**Efigenia.** Con mucho cariño, por tu apoyo incondicional, ya que a pesar de mis fracasos y tropiezos siempre me diste ánimos y confiaste en mí. Mil gracias.

#### **Fernando**

#### **Emma**

#### **Elia**

**Alejandrino.** Al más pequeño de la familia, por darme esos momentos de alegría con sus travesuras y ocurrencias.

A todos ustedes, porque me dieron la fuerza y el coraje de seguir luchando cuando estoy lejos de casa. Gracias.

**A mi sobrina Victoria.**

Con mucho cariño. Te quiero mucho y siempre vas a contar con mi apoyo.

**A Mis tíos:**

Que de alguna manera me orientaron y me dieron ánimos. Gracias por sus consejos y mejores deseos.

**A Eucario Ángeles:**

Gracias por tu apoyo incondicional, por tus consejos y ayudarme a levantar para seguir adelante en los momentos de adversidad.

**A Gilberto César:**

Por su apoyo incondicional, consejos y por tolerarme a lo largo de la carrera.  
Por compartir hogar durante todo este tiempo. Gracias.

*Es la hora de partir, la dura y fría hora  
de la noche sujeta a todo horario. (Pablo Neruda)*

**CHL**

**IV**

## **AGRADECIMIENTOS.**

### **A Dios**

Que me ha dado la vida, la fuerza de crecer día a día, tanto en lo profesional como en lo personal y por ser una luz cuando las puertas se me cerraban y que desde lo alto siempre tuve la protección y ayuda para vencer todos los obstáculos y las adversidades que se me presentaron a lo largo del camino.

### **A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”**

Por recibirme, abrirme sus puertas y brindarme todas las facilidades de realizar mis estudios. Gracias por formarme profesionalmente, de darme las bases que se necesitan para enfrentar a la realidad, y que me hizo ver la vida desde otra perspectiva, además de realizar muchos de mis sueños, y por descubrir que nuestra “ALMA MATER” brinda una vida digna a los que dependen de ella. Gracias por ser mi segundo hogar.

### **A mis Asesores:**

Dr. Valentín Robledo Torres, Ing. Ernesto Jiménez Santana, M.C. Francisca Ramírez Godina, Dr. Reynaldo Alonso Velasco. Quienes hicieron posible la realización de este trabajo, los que se encargaron de la revisión y sugerencias. Gracias por su apoyo, comprensión y sus sabios consejos.

### **A mis amigos:**

Gilberto César, Juan Manuel, Celes, Alicia & Alejandra Tolentino, Estela De La Luz, Estela Escobar, Angelina,... por todos esos buenos momentos que compartimos. Por todo lo vivido, Gracias.

**Y los amigos que se quedaron lejos:**

Adolfo Elyel, Manuel de Jesús, Aquilino, Gabriel, Aída, Baltazar, Tere B, Mariana, por esos grandes momentos que pasamos juntos.

Aurora, Pbro. Valentín, Rossebel, Octavio, Evaristo, Flaviano, Ma. Isabel, Alejandro, Lupita, Yadira, Ángel, Liliana y todos los demás integrantes del grupo MCU, Porque fueron los que influyeron de gran manera para llegar a la UAAAN.

**A mis Maestros.**

A todos los que de alguna forma transmitieron los conocimientos necesarios y la orientación para poder realizar mis estudios dentro de esta universidad.

**A Leticia Portos Gaona:**

Encargada del laboratorio de citogenética, por su valioso apoyo y colaboración en el laboratorio para la preparación de las muestras y la obtención de los datos.

## INDICE GENERAL

| CONTENIDO                           | Página |
|-------------------------------------|--------|
| DEDICATORIA-----                    | III    |
| AGRADECIMIENTOS-----                | V      |
| ÍNDICE GENERAL-----                 | VII    |
| ÍNDICE DE CUADROS-----              | X      |
| ÍNDICE DE FIGURAS-----              | XI     |
| RESUMEN-----                        | XII    |
| INTRODUCCIÓN-----                   | 1      |
| OBJETIVO-----                       | 3      |
| HIPÓTESIS-----                      | 3      |
| REVISIÓN DE LITERATURA-----         | 4      |
| Distribución-----                   | 4      |
| Taxonomía-----                      | 5      |
| Descripción botánica-----           | 5      |
| Hábito de crecimiento-----          | 7      |
| Importancia económica-----          | 7      |
| Fisiología-----                     | 9      |
| Crecimiento y desarrollo-----       | 9      |
| Desarrollo de entrenudos-----       | 9      |
| Floración-----                      | 10     |
| Polinización-----                   | 11     |
| Fructificación-----                 | 11     |
| Cosecha-----                        | 12     |
| Fenología-----                      | 12     |
| Requerimientos edafoclimáticos----- | 13     |
| Temperatura-----                    | 13     |

|   |    |
|---|----|
| Humedad-----  | 13 |
| Luz-----  | 14 |
| Suelo-----  | 14 |
| Ph-----   | 14 |
| Variedades-----                                       | 14 |
| Prácticas de cultivo-----                             | 17 |
| Selección y reparación del terreno-----               | 17 |
| Método de siembra-----                                | 17 |
| Arreglos topológicos-----                             | 17 |
| Edad a trasplante-----                                | 18 |
| Deshierbes -----                                      | 18 |
| Riegos-----   | 19 |
| Fertilización-----                                    | 19 |
| Escardas y aporques-----                              | 19 |
| Estomas-----  | 20 |
| Xilema-----   | 22 |
| MATERIALES Y METODOS-----                             | 24 |
| Localización del área de estudio-----                 | 24 |
| Clima-----  | 24 |
| Material genético-----                                | 24 |
| Establecimiento del experimento-----                  | 25 |
| Siembra-----  | 25 |
| Trasplante-----                                       | 25 |
| Riegos-----   | 25 |
| Toma de muestras para estomas y vasos del xilema----- | 25 |
| Estomas -----   | 25 |
| Vasos del xilema-----                                 | 26 |
| Selección de muestras para fotografía-----            | 28 |
| Microfotografía y mediciones-----                     | 29 |

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| Análisis estadístico-----   | 29 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN----- | 30 |
| CONCLUSIONES-----           | 36 |
| BIBLIOGRAFIA-----           | 37 |
| APENDICE-----               | 41 |

## INDICE DE CUADROS

|   | Página |
|---|--------|
| <b>Cuadro 1.-</b> Estados con mayor producción de tomate de cáscara en el año agrícola 2007-----  | 8      |
| <b>Cuadro 2.-</b> Fertilización recomendada por Montalvo, (1995) y Mulato, (1984)-----  | 19     |
| <b>Cuadro 3.-</b> Valores medios de seis variables estomáticas de tetraploides de <i>Physalis ixocarpa</i> Brot., estudiados en Saltillo, Coahuila, 2008.-----              | 41     |
| <b>Cuadro 4.-</b> Valores medios de seis características de vasos de xilema en tetraploides de <i>Physalis ixocarpa</i> Brot., estudiados en Saltillo, Coahuila, 2008.----- | 41     |

## INDICE DE FIGURAS

|   | Página |
|---|--------|
| Figura 1. Longitud media de estomas adaxiales (LEH) y abaxiales (LEE) de tomate de cáscara diploide y tetraploides.-----  | 30     |
| Figura 2.- Anchura media de estomas adaxiales (AEH) y abaxiales (AEE) de tomate de cáscara diploide y tetraploides.-----  | 31     |
| Figura 3.- Número promedio de estomas adaxiales (NEH) y abaxiales (NEE) de tomate de cáscara estudiado en Saltillo, Coahuila, 2008.-----  | 32     |
| Figura 4.- Área promedio de los vasos de xilema del peciolo (AVP) y de las nervaduras de área de la hoja (AVH) de tomate de cáscara estudiado en Saltillo, Coahuila, 2008.-----     | 33     |
| Figura 5. Número promedio de vasos de xilema de peciolo (VAP) y de hoja (VAH) por área (0.024 mm <sup>2</sup> ) en tomate de cáscara, estudiado en Saltillo, Coahuila, 2008-----    | 34     |
| Figura 6.- Diámetro promedio del área de conducción de los vasos de xilema de peciolo (DVP) y de hoja (DVH) en tomate de cáscara, estudiado en Saltillo, Coahuila, en el 2008 ----- | 35     |

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” en el ciclo agrícola primavera verano del 2008, en el presente trabajo de estudiaron tres genotipos tetraploides y un diploide, que fueron establecidos en campo bajo un diseño experimental de bloques al azar. En los genotipos bajo estudio se estimaron características de estomas y vasos de xilema. Las características estomáticas estudiadas fueron: longitud de estomas adaxiales (LEH), longitud de estomas abaxiales (LEE), ancho de estomas adaxiales (AEH), ancho de estomas abaxiales (AEE), número de estomas adaxiales (NEH), número de estomas abaxiales (NEE), área de conducción del vaso de xilema de peciolo (AVP), y área de vaso de xilema de nervaduras de hoja (AVH), vasos por área de peciolo (VAP), vasos por área de hoja (VAH), diámetro de vaso de xilema de peciolo (DVP) y diámetro de vaso de xilema de hoja (DVH). Esta investigación mostró diferencias significativas (tukey=0.05%) para todas las variables analizadas, resaltando los valores observados en el genotipo T4 con mayor longitud (39.49  $\mu\text{m}$  y 40.97  $\mu\text{m}$ ) y ancho (20.73  $\mu\text{m}$  y 24.27  $\mu\text{m}$ ) para estomas adaxiales y abaxiales respectivamente, pero con menor número de estomas adaxiales y abaxiales (99.24 y 149.03). El área y diámetro de vaso de xilema de peciolo del genotipo T4 mostró valores altos (1010.04  $\mu\text{m}^2$  y 38.07  $\mu\text{m}$ ) en comparación a los demás tetraploides y testigo diploide (736.51  $\mu\text{m}^2$  y 31.95  $\mu\text{m}$ ). El número de vasos por unidad de área del tetraploide T4 fue de 13.33, mientras que el testigo presento 14.66.

Palabras clave: *Physalis ixocarpa* Brot., Estomas adaxiales y abaxiales, sistemas de conducción.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día el tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot) ha tomado una importancia sin precedente dentro de las hortalizas producidas en México, esto por ser buen sustituto del jitomate y por el exquisito sabor que proporciona a los platillos tradicionales, siendo de relevancia sobre todo, para los estados centrales del país.

El tomate de cáscara junto con el chile, jitomate, calabaza y camote, formaron parte de la alimentación de los pobladores precolombinos. Se han encontrado vestigios de su uso como alimento en excavaciones hechas en el valle de Tehuacán, Puebla que datan de 200 a 900 años a. C. (Azorín, 1997).

Se encuentra distribuido en la mayoría de los Estados de México en forma silvestre, fomentada, cultivada y domesticada. Es una de las especies vegetales que han sido poco estudiadas.

Entre muchos de los nombres comunes que se le conoce están: tomate verde, tomatillo, tomate de milpa, tomate fresadilla, es conocido desde tiempos remotos por los aztecas y mayas. Su importancia económica se le debe a que se cultiva en 27 de los 32 estados de la República Mexicana, donde se le puede encontrar en forma silvestre, fomentada, cultivada y domesticada (Peña *et al.*, 2002). Se tienen evidencias de que crece en forma silvestre desde California en los Estados Unidos hasta Guatemala y Nicaragua área de la Vertiente del Pacífico (Sánchez *et al.*, 2006).

Dentro del género *Physalis* se ha estimado que existen alrededor de 80 especies, distribuidas en su mayoría en zonas tropicales y templadas de América, siendo México el principal centro de distribución del género con

aproximadamente 70 especies; de éstas, 36 se encuentran ampliamente distribuidas en 26 estados del país, en un amplio intervalo de altitud comprendido entre 8 y 3,350 msnm.

El tomate de cáscara, se cultiva desde hace mucho tiempo, pero es en los últimos años que se ha incrementado hasta ocupar el cuarto lugar en producción de hortalizas, superado sólo por el jitomate, chile y papa. En 2007 se reporta a nivel nacional una superficie sembrada de 52 842 has, con una producción de 724 949 toneladas y un rendimiento promedio nacional de 14 ton/ha (SIAP 2007).

Los estudios de vegetación son diversos pero la finalidad es conocer y entender mejor el funcionamiento de los ecosistemas que nos rodean. En relación con el potencial genético, las características morfológicas de la raíz, hojas y estomas al igual que algunas características fisiológicas y bioquímicas son determinantes en la respuesta de la planta, y que influirán en la cantidad de biomasa producida. Las interacciones entre los factores bióticos y abióticos son importantes porque regulan y modifican la respuesta fisiológica de las plantas según el ambiente en que se desarrollan.

Los estomas son estructuras epidérmicas a través de las cuales la planta realiza la transpiración, función muy importante para regular su temperatura; además los estomas constituyen una ruta muy eficiente para el intercambio gaseoso que se utiliza en el proceso de la fotosíntesis.

La presencia de estomas en haz y envés aumenta la superficie de evapotranspiración de la hoja por lo tanto la demanda de agua por parte de la planta es mayor. Sin embargo, la fotosíntesis es favorecida ya que los estomas permanecen abiertos (Strasburger *et al.*, 1997).

## **Objetivo**

Estudiar características de estomas y vasos de xilema en genotipos tetraploides de tomate de cáscara, así como la variabilidad de las características entre ellos.

## **Hipótesis**

El nivel de ploidía (tetraploide) influye sobre características de estomas y vasos de xilema.

## REVISIÓN DE LITERATURA

Los centros de origen de las especies son de suma importancia desde el punto de vista genético, ya que permiten vincular a las especies bajo cultivo con sus progenitores, disponiéndose de ésta manera de una fuente de genes útiles para el mejoramiento genético (Cartujano, 1984).

La palabra tomate proviene del vocablo náhuatl “ayacachtomatl” cuyas etimologías corresponden a: ayacah (tli) = sonaja, cascabel y tomatl = tomate. Así como su nombre genérico en el idioma maya hace suponer que es originaria de América y muy probablemente de México. Además, se tienen evidencias de que crece en forma silvestre en la Vertiente del Pacífico, que va desde California en los Estados Unidos hasta Guatemala y Nicaragua (Cárdenas, 1981).

### Distribución

Dentro del género *Physalis* se ha considerado que existen alrededor de 80 especies, confinadas en su gran mayoría a zonas templadas y tropicales de América, y muy pocas especies en Asia, India, Europa y África tropical (Menzel, 1951, citado por Peña, 1990). De estas solo dos se cultivan: *Physalis ixocarpa* y *Physalis peruviana* (Waterfall, 1967, citado por Medina, 1996). En México se han reportado varias especies, aunque de éstas sólo *Physalis ixocarpa*, se cultiva comercialmente (García, 1976).

Montes (1989) citado por Montalvo (1995), indica que el tomate de cáscara en México se desarrolla en una altitud que va desde los 10 metros sobre el nivel del mar (msnm), en Tres Valles, Veracruz a 2 600 msnm en el estado de México, e indica que se desarrolla en una latitud desde el sur de Baja California (29°23' LN) hasta el sur del estado de Chiapas (15°54' LN).

## Taxonomía

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot.), fue descrito por primera vez por Linneo en 1753 (Saray, 1978), presentaron la siguiente clasificación taxonómica:

Reino.....Vegetal  
División.....Magnoliophyta  
Clase.....Magnoliopsida  
Subclase....Dicotiledónea  
Orden.....Solanales  
Familia.....Solanaceae  
Género.....*Physalis*  
Especie.....*ixocarpa*

## Descripción Botánica

**Planta:** La especie *Physalis ixocarpa* Brot es una planta herbácea anual de 40 a 90, y hasta 120 cm o más de altura, dependiendo del hábito de crecimiento.

**Raíz:** El sistema radical 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 (García, 1975; Saray, *et al*, 1977).

**Tallo:** Sus tallos son gruesos y carnosos en la parte interior, la planta alcanza altura de 40 a 90 cm, dependiendo del hábito de crecimiento (Moreno, 1996).

El tallo es estriado; herbáceo o ligeramente leñoso en la base y 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 (García, 1975; Saray, 1977).

**Hojas:** Las hojas son compuestas, erectas, alternadas, de forma ovada; su tamaño varia de 5 a 10 cm de largo por 4 a 6 cm de ancho; tiene la base atenuada y el ápice agudo o ligeramente acuminado, con márgenes irregulares dentados, pero por lo general presentan seis dientes por cada lado. Las hojas son pecioladas cuyo pecíolo va de 4 a 6.5 cm de largo (García, 1975; Saray, 1977; Medina, 1996).

En forma general, sobre cada nudo se desarrolla una hoja y dos ramificaciones y en cada bifurcación, una rama se desarrolla más que otra (Mulato, 1984; Medina, 1996).

**Flor:** 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 púrpura y descolorida en el centro o con manchas azul verdoso o morado, tenues o muy marcadas; campanulada o circular; de lóbulos plegados, y con los estambres insertados en la base de la corola. El estigma presenta dos hendiduras, casi bilobulado. Es autoincompatible; el estigma es receptivo de 1 a 3 días, antes de que abra la flor. Produce una gran cantidad de flores, pero solo el 30% es potencial (Saray, 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 largo por 1.6 a 6.0 cm de ancho (1.0 a 6.0 cm de diámetro), con pulpa de sabor ácido, dulce o agridulce. El cáliz campanulado que lo cubre mide de 1.8 a 4.3 cm de largo por 2.5 a 6.0 cm de ancho, con diez costillas (nervaduras) que en algunos casos son de color morado dependiendo del cultivar, 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 (Vázquez, 1977).

### **Hábito de Crecimiento**

Presenta tres tipos de hábitos de crecimiento: rastrero, erecto y semierecto, principalmente en variedades criollas.

**Tipo erecto:** Se identifica por el aspecto arbustivo que presenta la planta, originado por un crecimiento casi vertical de los tallos, con la desventaja que se doblan o se rajan con el peso de los frutos (García, 1975; Saray, 1977).

**Tipo rastrero:** Se caracteriza porque generalmente crece en forma erecta sólo hasta 40 cm, y conforme se desarrolla la planta, los tallos se extienden sobre la superficie del suelo (Saray, 1977).

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

### **Importancia Económica**

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.), es un cultivo olerícola, de gran importancia económica en México, se conoce desde tiempos

prehispánicos. Los aztecas lo consumían extensamente y lo empleaban para confeccionar salsas y guisos de la misma manera como se emplea actualmente.

Para 1957, el tomate de cáscara, prácticamente solo se cultiva en México y Centroamérica; sin embargo, actualmente varios países de Europa y Asia, cuentan con germoplasma de la especie, por lo que es posible que ahí también sea cultivado (Peña *et al*, 1990).

De las especies de tomate de cáscara que se han reportado en México, solo *Physalis ixocarpa* Brot. se cultiva comercialmente, incrementándose la superficie destinada a este cultivo en los últimos 10 años (Peña *et al*, 1990).

**Cuadro 1.** Estados con mayor producción de tomate de cáscara en el año agrícola 2007.

| <b>Estado</b> | <b>Superficie (Has)</b> | <b>Producción<br/>Ton</b> | <b>Rendimiento<br/>Ton/ha</b> |
|---------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Sinaloa       | 11,049.59               | 168,072.71                | 15.35                         |
| Jalisco       | 6,443.30                | 90,856.72                 | 14.14                         |
| Puebla        | 5,208.00                | 54,011.70                 | 10.54                         |
| México        | 3,892.05                | 59,741.15                 | 15.35                         |
| Sonora        | 3,374.00                | 40,171.89                 | 12.11                         |
| Zacatecas     | 3,016.00                | 56,774.00                 | 19.52                         |
| Michoacán     | 2,964.50                | 51,695.26                 | 17.44                         |
| Guanajuato    | 2,413.50                | 23,514.50                 | 10.22                         |
| Nayarit       | 2,405.00                | 24,350.00                 | 10.14                         |

Fuente: SIAP 2007.

El consumo per cápita de esta hortaliza entre los años de 1945 – 1949 fue de 0.259 kg a nivel nacional, mientras que para el año de 1991 se

incrementó a 1.7 kg; sin embargo, dicho consumo tiene una marcada influencia regional que se manifiesta en comparar el consumo per cápita nacional con el de algunas ciudades del país, tales como Culiacán (0.97 kg) y Texcoco (17.11 kg) (Santiaguillo, 1995). El cultivo de tomate de cáscara cada día está siendo más importante y más consumido.

## **Fisiología**

### **Crecimiento y Desarrollo**

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 un cm por día; posteriormente, como a los 24 días, el crecimiento se acelera en forma considerable y se estabiliza como a los 55 días, que es cuando la planta alcanza una altura de 90 cm de longitud (en las plantas rastreras aproximadamente 40 cm); la planta sigue creciendo lentamente y puede llegar a alcanzar poco más de 1.0 m de altura (en plantas erguidas); esto sucede como a los 70 días, después la planta empieza a envejecer rápidamente hasta su muerte (Saray, 1977).

En un estudio más reciente, Mulato (1984), menciona que la planta de tomate de cáscara de variedad Rendidora en Zacatepec, Morelos, presenta un ciclo de vida de 90 a 98 días desde la emergencia hasta la senectud. El crecimiento al principio es lento hasta los 35 días, a partir de donde se hace más rápido, hasta estabilizarse a los 56 días, donde nuevamente el crecimiento se hace lento, y estabilizándose a los 70 días, para luego disminuir rápidamente, notándose síntomas de senescencia después de este periodo.

### **Desarrollo de Entrenudos**

Los entrenudos de las plantas de tomate de cáscara alcanzan diferentes longitudes en las distintas etapas de su desarrollo. Lo que da origen a que las plantas presentan marcadas zonas a las cuales se les ha denominado: zona del

tallo no ramificado, zona inicial, zona media, zona transitoria y zona terminal, las últimas cuatro ocurren sobre las cuatro ramificaciones principales del tallo. Los entrenudos de la zona inicial son de tamaño mediano, los más vigorosos ocurren en la zona media, siguiendo los de la zona transitoria y terminal, los cuales son los más pequeños. Los entrenudos terminales de tomate de cáscara se van haciendo más cortos hacia el final del ciclo probablemente debido a que la planta está entrando en la etapa de senescencia (Serrano, 1998).

### **Floración**

La diferenciación de las primeras yemas florales se lleva a cabo entre los 17 y 20 días después de la siembra; la aparición de las primeras flores ocurre a los 28 y 30 días y continúa floreciendo hasta que la planta muere. A los 30 días cuenta con 6 flores, después hay una etapa con gran producción de éstas, a los 52 días se tienen cerca de 125 flores, y posteriormente disminuyen en forma considerable (Cartujano, 1984).

Las flores abren antes que ocurra la dehiscencia entre las 8 y 12 horas del día. Poco antes de la dehiscencia de las anteras los filamentos se elongan hasta llegar cerca del estigma. La dehiscencia de las anteras ocurre gradualmente de la punta a la base; las paredes se enroscan hacia atrás para liberar el polen (Verdejo, 1987).

Después de que las anteras han liberado el polen, la corola, los estambres, estilos y estigmas se encorvan, después se empiezan a marchitar y finalmente caen; permaneciendo alrededor de una semana antes de caer (entre el tercer y el sexto día después de la dehiscencia). Una vez ocurrida la fecundación, en forma inmediata el ovario y el cáliz comienzan a elongarse, éste último comienza a envolver el fruto joven del tomate, agrandándose a su próximo tamaño antes de que el fruto madure; la baya crece lentamente y

pronto adquiere su forma característica, algunos frutos pueden llenar por completo la bolsa que los cubre y otros no, pero en su mayoría la rompen.

Del total de flores producidas por la planta (alrededor de 124), sólo el 30 ó 40% son polinizadas e inician la elongación del cáliz y del ovario, pero de éstas a su vez, sólo el 28 ó 30% llegan a cosecharse en su madurez, de tal manera que de 50 frutos cuajados sólo 14 ó 15 son cosechados (Saray, 1977).

### **Polinización**

En esta planta no es posible la polinización por ella misma, es decir que sé autofecunde, debido a la incompatibilidad gametofítica del tomate, que está dada por dos genes con alelos múltiples, se comporta como una planta alógama obligada (de polinización cruzada). La polinización natural es llevada a cabo principalmente por insectos, siendo las abejas las que más realizan esta labor. Una vez que la flor a sido polinizada se cierra y no vuelve a abrirse, luego comienza a marchitarse para enseguida caer (Pérez *et. al.*, 1997).

### **Fructificación**

Cartujano (1984), encontró que una planta de tomate de cáscara puede llegar a producir hasta 90 frutos de los cuales no todos amarran.

Existe cierta relación tanto del peso promedio por fruto y número de éstos con determinado carácter de la planta. El promedio de frutos por planta es de 14, obteniéndose un rango de 7 frutos para planta erecta amarilla y 19 frutos por planta para el tipo rastrero y erecto verde. El peso promedio del fruto es de 33.3 g, siendo para el tipo rastrero amarillo de 40.25 g por fruto y de 22.89 g por fruto para el tipo erecto verde.

El cuajado de los frutos fecundados que han iniciado el desarrollo del ovario, comienza de los 35 a los 42 días. En este momento el cascabel (cáliz

que cubre el ovario) está formado y dentro de él se inicia una etapa llamada floración de cascabel (iniciación de fructificación), que no es otra cosa que un fruto pequeño bien definido en proceso de desarrollo. Normalmente del cuajado de los frutos a la maduración de los mismos transcurren aproximadamente de 20 a 22 días (Saray, 1977).

Cartujano (1984), señala que las plantas de tomate de cáscara tiende a producir mayor número de frutos grandes en el primer corte; medianos en el segundo y chicos en el tercero y cuarto. De igual manera, tienden a producir mayor rendimiento de frutos grandes, medianos en los dos primeros cortes, medianos y chicos en los dos últimos.

### **Cosecha**

El número de cortes varía de 4 a 6, se dice que el mayor tamaño de fruto de tomate de cáscara se obtiene en el primer corte, dependiendo del vigor y la "carga" de la planta. El corte inicial debe hacerse cuando hayan madurado los tres o cuatro primeros frutos en la mayoría de las plantas, lo cual ocurre generalmente de los 55 a 70 días después de la siembra (Peña *et al*, 1990).

### **Fenología**

La expresión fenológica de las poblaciones de tomate de cáscara se modifica significativamente como resultado del cambio de hábitat o tipo de siembra.

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

**Nacencia.** 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.

## **Requerimientos Edafoclimáticos**

### **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 (Saray, 1977).

### **Humedad**

En el caso de la humedad, las etapas críticas corresponden a la germinación, emergencia y trasplante. El resto del ciclo, incluyendo floración, necesita de un 60% de la humedad a capacidad de campo. En condiciones de sequía la planta rápidamente emite flores acelerando la maduración, los frutos

son pequeños, en menor cantidad, de sabor ácido y algunos son deformes (Moreno, 1996).

### **Luz**

En general es una planta moderadamente exigente en intensidad luminosa, se estima que la especie se desarrolla óptimamente con 2,500 bujías-pie. Se puede decir que de la emergencia hasta el inicio de la maduración comercial del fruto constituye el período de mayor exigencia. A partir de esta fase, sus necesidades se reducen significativamente, con valores mayores a 2,500 bujías-pie, la planta responde acortando su ciclo, envejecimiento prematuro, reducción del tamaño del fruto, sabor insípido del fruto (Aguilar *et al.*, 2000).

Las variedades comerciales requieren de 7,000 luxes aproximadamente y alrededor de 10 horas luz (Saray, 1977).

### **Suelo**

Los suelos donde se desarrolla bien el cultivo son los arcillo - arenosos, con disponibilidad de riego además, se menciona que el cultivo del tomate en suelos delgados no se recomienda, de tal forma que se pueda afectar el desarrollo radicular, ocasionando muchos problemas en el desarrollo de éste cultivo (Moreno, 1996).

### **pH**

El pH adecuado para el desarrollo de esta planta varía de 5.0 a 7.0 (Verdejo, 1987).

### **Variedades**

Dentro de las variedades principales encontramos desde criollos hasta híbridos.

Actualmente las variedades de mayor uso son la Rendidora y la Salamanca, sobre todo en los estados de Morelos, Guanajuato, Hidalgo y México, y el criollo Tamazula, especialmente en Jalisco; no obstante, existen importantes áreas productoras en Puebla, Michoacán, Jalisco y Nayarit, donde aún se utilizan variedades criollas regionales. También se cuenta con algunas colecciones hechas por Saray en 1981, entre las que podemos mencionar a la criolla del Valle de México y algunas otras como Mor-26 y Mor-37 que fueron colectadas en el estado de Morelos y se encuentran en proceso de mejoramiento en los programas del Campo Agrícola Experimental de Zacatepec, Morelos. Sin embargo, partiendo de tres de los criollos más utilizados (Rendidora, Salamanca y Tamazula), existen amplias posibilidades de obtener variedades mejoradas cuyos objetivos sean: incrementar el rendimiento de fruto; uniformizar color, tamaño y firmeza del fruto; uniformizar los hábitos de crecimiento (hacia tipo erecto y hacia tipo rastrero), e incorporar resistencia a la enfermedad del “chino” y hacia el gusano del fruto (*Heliothis supflexa*). Dichas variedades criollas presentan las siguientes características:

**Rendidora.** Según Saray (1977), la variedad rendidora fue liberada en 1976 y proviene de la evaluación de 49 materiales criollos de Morelos durante cuatro ciclos; es decir, Rendidora es un criollo sobresaliente que aún presenta una gran variabilidad en hábito de crecimiento, color, tamaño de fruto, entre otros caracteres. La uniformidad de los hábitos de crecimiento es uno de los principales problemas a resolver por parte de los fitomejoradores. Por otra parte, un 35% de su fruto es grande (mayores de 4.5 cm de diámetro); aproximadamente un 83% de la producción corresponde a frutos que llenan completamente la bolsa (cáliz); el color del fruto es verde limón, lo cual lo hace muy preferido en el mercado; la firmeza del fruto es buena, cualidad deseable durante el transporte; es agridulce y preferido en la preparación de salsas. Los frutos comienzan a madurar de los 55 a los 60 días después de la siembra.

**Salamanca.** La variedad salamanca es también un criollo, de hábito erecto, frutos verdes compactos y ciclo más largo que rendidora.

**Tamazula.** El criollo Tamazula es una variedad de hábito rastrero, de frutos verde – morados de tamaño mediano y muy compacto.

Por otro lado, las variedades de tomatillo o tomate de cáscara más actualizadas del mercado mencionadas en el artículo Festival de Semillas 2002 de la Revista Productores de Hortalizas (Febrero 2002) son:

**Rendidora suprema.** De la compañía semillera “King Sedes y Cía, S.A. de C.V.”, es un tomate de cáscara precoz (74 a 79 días); de planta semierecta, muy productiva, con color verde oscuro y tamaño grande. Bien aceptado en México y USA.

**Súper Cerro Gordo.** Selección muy popular para el mercado nacional de la compañía semillera “Semillas Río Fuerte”. Planta erecta, grande y vigorosa. Frutos grandes de color verde intenso. Maduración intermedia (90 días). Excelente adaptación. Soporta transporte.

**Verde Supremo R. F.** Variedad precoz muy productiva (75 a 80 días) de la compañía “Semillas Río Fuerte”. Planta vigorosa, semierecta muy popular para el mercado fronterizo y la exportación. Fruta muy grande de color verde profundo. Excelente resistencia a transporte.

**Yoreme R. F.** Variedad precoz (70 días) excelente por su sabor, para proceso industrial y mercado nacional. Planta semi-erecta muy productiva de frutos medianos de color verde intenso. Producida por la compañías “Semillas Río Fuerte”.

## Prácticas de Cultivo

### Selección y Preparación del Terreno

Para lograr el éxito deseado en el cultivo del tomate de cáscara es indispensable hacer una buena preparación del terreno, la cual depende en gran parte del cultivo anterior. Es necesario realizar un Barbecho profundo de 25 cm aproximadamente, seguido de una "Cruza" si se considera conveniente. Posteriormente deben darse los pasos de rastra necesarios para dejar el suelo bien mullido, con el fin de lograr un adecuado desarrollo radical.

Al efectuar el surcado se recomienda que la distancia entre surcos sea de 1.0 m, ya que en distancias menores, a pesar de tener mayor densidad de población, no se consigue un incremento significativo en el rendimiento.

### Método de Siembra

**Siembra directa.** Se utiliza alrededor de 2.0 Kg de semilla por hectárea, depositándose de 5 a 10 e incluso de 10 a 20 semillas por mata a una distancia entre éstas de 30 a 50 cm.

**Trasplante.** Es más común ya que se tiene un mejor manejo. Se utiliza de 0.3 a 0.5 Kg de semilla por hectárea, que se establece en un almácigo de 30 a 40 m<sup>2</sup> y se trasplanta de una a dos plantas por mata.

El momento apropiado para el trasplante es cuando la plántula tiene entre ocho y diez cm de altura, que se alcanzan alrededor de los 15 a 18 días en verano y a los 18 a 21 días en siembras de invierno.

### Arreglos Topológicos

Castillo *et al*, 1991, probando una, dos y tres plantas por mata cada 30, 50 y 75 cm, respectivamente; no detectó diferencias significativas para dos y

tres plantas por mata siendo los rendimientos más altos cuando utilizó dos y tres plantas por mata.

Saray *et al.*, 1977; Castillo *et al.*, 1990, señalan que no se obtiene ninguna ventaja cuando se dejan más de dos plantas por mata, ya que únicamente dos de ellas logran un buen desarrollo.

Castillo *et al.*, 1991, señala que el número de plantas por mata no afecta la calidad ni la cantidad de fruto producido.

### **Edad a Trasplante**

Pérez (1997), menciona que se obtiene mayor altura de planta al trasplantarse entre 15 y 30 días, mayor número de flores, frutos, que en siembra directa.

Peña, et al. (1989), tratando de establecer la edad óptima para el trasplante en el tomate de cáscara, evaluaron 6 edades de trasplante (0,15, 22, 29, 36 y 46 días). Se plantaron en surcos de 1 m y a 30 cm entre plantas entre 15 y 29 días de edad.

### **Deshierbes**

Los deshierbes o raspadillas se efectúan después del primer aclareo (8 a 10 días) o cuando se considere necesario (de 15 a 20 días). Alrededor de los 30 días se recomienda dar un paso de cultivadora, con el propósito de eliminar las malas hierbas, desmenuzar el suelo y evitar que se formen terrones que dificulten el aporque, el cual se debe realizar inmediatamente después del paso de cultivadora para tapar el fertilizante y arrimar tierra para la mayor formación de raíces secundarias o adventicias.

## Riegos

No se puede establecer un calendario similar para las diferentes localidades, ya que las necesidades de agua de las plantas dependen de muchos factores edáficos y ambientales como son: la textura del suelo, la temperatura y la humedad relativa. Sin embargo, es conveniente efectuar los riegos oportunamente para conseguir un buen desarrollo de la planta; deben procurarse que el intervalo entre los riegos permita que el terreno quede en condiciones de trabajarse y cubrir etapas críticas de la planta.

## Fertilización

**Cuadro 2.-** Fertilización recomendada por Montalvo, (1995) y Mulato, (1984)

| Fuente         | Fórmula   | Indicaciones en la aplicación   |
|----------------|---|---|
| Montalvo, 1995 | 100 – 80 – 00 y<br>80 – 00 – 00                   | Primera fertilización al momento del trasplante y la segunda a los 35 días después.           |
| Mulato, 1984   | 120 – 40 – 00<br>(60 – 40 – 00 y<br>60 – 00 – 00) | Primera fertilización con la mitad del nitrógeno y todo el fósforo y la segunda a los 28 días |

La fertilización foliar es el procedimiento más seguro para alimentar con Fósforo, Potasio y microelementos a la planta. Para la aplicación del fertilizante foliar se debe realizar un correcto diagnóstico de deficiencias para estimar la dosis a emplear (Rodríguez, 1992).

## Escardas y Aporques

Se pueden hacer mecánicamente con implementos diversos, desde cultivadoras de reja angosta de dos a cinco rejas por surco para eliminación de las malezas o una con vertederas solamente para el levantado del surco, con el fin de cubrir las pequeñas malezas que están en la hilera del cultivar y se hace

también en lugares de exceso de humedad para que la plántula quede en lo más alto y evitar problemas sanitarios. Esta labor se puede hacer manual, con azadón eliminando malezas y levantando ligeramente el surco y fortalecer el anclaje con raíces adventicias en los tallos.

### **Estomas**

La superficie epidérmica de las hojas presenta un gran número de poros llamados estomas. Los estomas son microscópicos y están rodeados por dos células epidérmicas especializadas llamadas células oclusivas, que regulan la apertura y cierre de los estomas.

El mecanismo de apertura y cierre de los poros estomáticos ha sido objeto de numerosas investigaciones. Se admite de modo general que el movimiento estomático tiene lugar como respuesta directa al aumento o disminución del contenido osmótico de las células oclusivas. Los cambios osmóticos obligan al agua a entrar o salir de las células oclusivas, haciendo que aumenten de volumen o se tornen flácidas. Cuando las células oclusivas están turgentes, el estoma se abre y cuando están flácidas el estoma se mantiene cerrado. Para lograr este movimiento del agua, debe tener lugar un intercambio entre las células oclusivas y las células más próximas del mesófilo y de la epidermis. Un aumento del contenido osmótico de las células oclusivas provocará la formación de un gradiente de déficit de presión de difusión entre las células oclusivas y las células más próximas. Con ello el agua penetrará en las células oclusivas aumentando su turgencia. Del mismo modo, una caída en el contenido osmótico de las células oclusivas hará que se origine un déficit de presión de difusión en dirección opuesta, con lo cual el agua saldrá de las células oclusivas pasando a las células inmediatamente próximas (Devlin, 1982).

Los factores del ambiente que tienen una mayor influencia sobre la apertura y cierre estomático son:

**Luz:** en general, los estomas de una hoja se abren cuando se exponen a la luz y permanecen abiertos mientras se mantienen estas condiciones, a menos que otros factores pasen a ser limitantes. Al volver a la oscuridad, los estomas se cierran. La cantidad de luz necesaria para lograr una apertura máxima de los estomas varía según las especies (Devlin, 1982).

**Déficit de agua y movimiento en estomas:** siempre que la velocidad de transpiración supera la velocidad de absorción de agua durante cierto periodo de tiempo, se establece en la planta un déficit de agua. Esto puede tener lugar incluso en condiciones que favorezcan una buena absorción de agua y normalmente provoca un estado en la planta llamado marchitez incipiente. En este estado, aunque la marchitez de las hojas ha empezado, no se hace visible a simple vista.

El desarrollo de un déficit interno de agua en la planta provoca un gradiente de déficit de presión de difusión entre las células oclusivas y el mesófilo y células epidérmicas vecinas a las células oclusivas. Este movimiento favorece el movimiento de agua saliendo de las células oclusivas con lo cual se reduce la turgencia y por ello, el estoma se cierra parcial y totalmente (Devlin, 1982).

**Concentración de CO<sub>2</sub>:** Los estomas son muy sensibles a las variaciones de CO<sub>2</sub>. En condiciones experimentales puede inducirse la apertura de estomas incluso en la oscuridad con solo reducir de forma significativa la concentración de CO<sub>2</sub>; un aumento de la concentración de CO<sub>2</sub>, por encima de la que se encuentra en el aire hará que los estomas se cierren incluso bajo una buena iluminación. Parece ser que la concentración de CO<sub>2</sub> en los espacios intercelulares y no la del aire externo la que controla directamente el movimiento de los estomas (Devlin, 1982).

**Temperatura:** cuando todos los demás factores son constantes, se observa que un incremento de la temperatura provoca un aumento de la apertura estomática. Wilson (1948) demostró que los estomas de algodón se mantienen cerrados en condiciones constantes de luz, cuando la temperatura es inferior a 0°C. A medida que la temperatura va aumentando, la apertura de los estomas también fueron aumentando (Devlin, 1982).

Estudios realizados en relación a la densidad estomática señala que existen variaciones entre longitud de estomas adaxiales (LEH), longitud de estomas abaxiales (LEE), ancho de estomas adaxiales (AEH), ancho de estomas abaxiales (AEE), densidad estomática adaxial (DEH), densidad estomática abaxial (DEE), entre diferentes genotipos diploides (Ramírez, et al. 2004).

### **Xilema**

Consta de cuatro tipos de células: traqueidas, elementos vasculares, fibras y parénquima xilemático.

Los elementos de vaso (cada uno, una sola célula), se alinean de manera que forman tubos largos llamados vasos, que van desde unos pocos centímetros hasta varios metros en algunos árboles grandes. En parte debido a las placas cribosas, pero en especial a causa de que los vasos tienen diámetros mayores que las de las traqueidas, la resistencia al flujo de agua suele ser considerablemente menor en angiospermas que en gimnospermas (Salisbury, 1992).

El transporte de agua en las plantas, a través de los vasos xilemáticos, ocurre a favor del gradiente de potencial hídrico existente entre el suelo y la atmósfera.

De acuerdo a la teoría de la tensión-cohesión, la evaporación en las hojas genera tensiones en las zonas más cercanas a los lugares de evaporación. La elevada cohesión entre las moléculas de agua permite que estas tensiones sean transmitidas a través de toda la planta y, por lo tanto, hace posible el transporte (Steudle, 1995).

Castro *et al.* (2007) y Reyes *et al* (2002) encontraron que existiría una relación inversa entre diámetros y densidad de los vasos (a mayor diámetro, menor frecuencia de vasos del xilema) en aguacate de acuerdo a la raza a la que pertenecen.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Localización del Área de Estudio**

El presente trabajo se llevó a cabo en el Campo Agrícola Experimental del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Durante el periodo junio-agosto del 2008. Ubicado en las coordenadas 25°23' de latitud norte y 101°00' latitud este, del meridiano de Greenwich y una altitud de 1737 m.s.n.m.

### **Clima**

Es de tipo Bwhw (x) (e) seco, semicálido con invierno fresco extremoso y templado, con lluvias principalmente en verano. La temperatura media anual es de 19.8°C, con una oscilación de 10.4°C, los meses más cálidos son Junio, Julio y Agosto con temperaturas máximas de 37 ° C, durante Diciembre y Enero se registran temperaturas bajas de hasta 10 ° C bajo cero, la precipitación total media es de 298.5 mm, la temporada lluviosa va de Junio a Octubre, el mes más lluvioso es Junio y el más seco es Marzo.

### **Material Genético**

En esta investigación se utilizaron 3 genotipos tetraploides (T2, T3, T4) y 1 testigo diploide Var. Rendidora (T1) respectivamente. Siendo 4 tratamientos con 9 repeticiones, con un total de 36 unidades experimentales, cada tratamiento constó de 3 plantas.

## **Establecimiento del Experimento**

### **Siembra**

Se llevó a cabo en charolas de 200 cavidades en mayo del 2008 permaneciendo durante 3 semanas en invernadero en el departamento de Horticultura.

### **Trasplante**

Se realizó en bolsas de plástico de 12 litros de capacidad, usando como sustrato perlita y peat moss (1:1) en junio del 2008 en el Campo Agrícola Experimental del Departamento de Horticultura.

### **Riegos**

Los riegos fueron aplicados diariamente, de forma manual.

## **Toma de Muestras para Estomas y Vasos de Xilema**

### **Estomas**

Para el estudio de estomas se realizó un muestreo 40 días después del trasplante, se tomaron 3 muestras en el haz y 3 en el envés por tratamiento.

El análisis se realizó utilizando la técnica de impresión de epidermis descrita por Bastos *et al.* 2004. Se colectó la impresión de estomas adhiriéndole pegamento PVC a la cuarta hoja orientada al norte, el horario de colecta fue de 1 a 3 de la tarde; se colocó cinta adhesiva y despegó montándose en un portaobjetos, se llevó a laboratorio para la toma de imágenes a 40x en un microscopio Vista Visión con cámara digital Pixera Winder, se realizaron tres tomas por cada muestra, para tener un total de 9 imágenes por tratamiento; en las cuales se realizaron los conteos y mediciones de estomas tomando en cuenta el área abarcada por el campo del microscopio (0.024mm<sup>2</sup>).

### **Vasos de Xilema**

El análisis de vasos de xilema en pecíolo y hoja se realizó a los 40 días después del trasplante, se tomaron muestras de pecíolos y hojas completamente desarrolladas de tres plantas por tratamiento los cuales fueron analizadas de acuerdo a la técnica de la parafina descrita por (O'Brien y McCully, 1981) como sigue:

**Fijación.** El efecto del fijador es conservar los tejidos con un mínimo de alteraciones, se utilizaron frascos con capacidad de 14 mL que contenían el fijador FAA, (formaldehído (40 %) 5 cc, Alcohol etílico al (70 %) 90 cc y ácido acético glacial 5 cc).

Las muestras se pasaron al fijador inmediatamente después de su colecta en el sitio experimental, se colocaron 3 muestras de pecíolo y de hoja por tratamiento, y se conservaron a temperatura ambiente hasta realizar la deshidratación

**Deshidratación.** Con el propósito de quitar el agua de los tejidos fijados se pasaron los cortes por diferentes agentes deshidratantes, de menor a mayor concentración, esto se hizo con intervalos de una hora en una serie de soluciones de alcohol etílico al 60%, 70%, 85% y al 96% más eosina; continuando con alcohol etílico absoluto, alcohol etílico absoluto mas xilol a diferentes concentraciones (3:1,1:1,1:3) y así el material quedó listo para el siguiente paso que es la infiltración e inclusión

**Infiltración e Inclusión.** Para esto los cortes se colocaron en frascos con xilol puro, se agregó parafina y se metieron en la estufa a 35<sup>0</sup>C por 24 horas, después de este tiempo se les agregó más parafina y se elevó la temperatura de la estufa a 45<sup>0</sup>C, posterior a esto se hizo el cambio a parafina pura, luego la temperatura se elevó a 55<sup>0</sup>C por 24 horas; el último paso de la

infiltración se agregó mas parafina y se elevó la temperatura a 60°C por 24 horas.

Se utilizaron cajas de aluminio como moldes, donde se vacaron las muestras con la parafina, con la ayuda de una aguja de disección caliente se acomodaron los cortes en los moldes, se colocó un solo tipo de corte por molde (en unos los pecíolos y en otros hojas); cuando la parafina se vació se colocaron las etiquetas hechas de cartoncillo especificando el tratamiento y la parte de la planta, y se dejaron a temperatura ambiente a solidificar.

**Corte en Micrótopo.** Se colocó el pedazo con la muestra sobre la platina del micrótopo, calentando ésta para que se pegara perfectamente; luego que la parafina se fijó se le quitó nuevamente la parafina sobrante. Posteriormente se colocó el bloque en el micrótopo, se niveló y se orientó hacia la cuchilla previamente limpia. El micrótopo se graduó a 18 micras para pecíolos y hojas, dando vuelta a la manivela se obtenía una tira larga de parafina con los cortes transversales.

**Montaje de Cortes en Portaobjetos.** Las tiras de parafina se cortaron en cuatro muestra, posteriormente sobre un portaobjetos limpio se untó uniformemente adhesivo de Haupt (1g de gelatina, 15 cm<sup>3</sup> de glicerina, 2 g de metabisulfito de sodio por cada 100 cm<sup>3</sup> de agua destilada), encima se montaron los tejidos y con el fin de que la muestra se extendiera se calentó con un mechero de alcohol, enseguida se retiró el agua y el adhesivo de los lados de la muestra y en la parte de abajo del portaobjeto con un trapo limpio, los portaobjetos con las muestras ya fijadas se colocaron en gradillas.

**Coloración.** Se prepararon una serie de reactivos, en frascos Coplin con una capacidad de ocho portaobjetos cada uno. Se colocaron las preparaciones de manera que el tejido quedara hacia la izquierda, esto para identificar la

muestra ya que al meter al alcohol y al estar todas orientadas al mismo lado al momento de tomarlas con las pinzas no se maltrata al tejido de la preparación siguiente. Las preparaciones se pasaron por el primer frasco que contenía xilol puro (que se utiliza para quitar la parafina) por un tiempo de 10 minutos; posteriormente se cambiaron a frascos con alcohol etílico absoluto a 96%, 85%, 70%, 60%, y 50% colocando la última muestra en un frasco, la primera se pasaba al siguiente alcohol, después de enjuagarlas en agua destilada, se pasaron a una solución de safranina (1 g de safranina en 100 cm<sup>3</sup> de agua destilada) donde duraron un tiempo de 15 minutos; lo siguiente fue pasarlas unos cuantos segundos por una serie de enjuagues, agua normal, agua destilada, alcohol etílico al 50%, alcohol etílico al 60%, alcohol etílico al 70%, alcohol etílico al 85%, alcohol etílico al 96%. Posteriormente las preparaciones se pasaron a una solución colorante verde rápido (0.5 verde rápido en 100 cm<sup>3</sup> de alcohol 96<sup>0</sup>) por un tiempo de 5 a 7 segundos, se pasaron a los enjuagues de alcohol etílico 96<sup>0</sup>, alcohol absoluto I, alcohol absoluto II, se colocaron en carbol – xilol durante 5 minutos y por último se colocaron en xilol puro (para eliminar la parafina que haya quedado). Después de sacarlas del frasco se escurrieron y se llevó a cabo el proceso de montaje colocándole a las preparaciones unas gotas de bálsamo de Canadá como pegamento, tratando de poner las gotas enmarcando los cortes y colocándoles el cubreobjetos; se quitaron los excesos de pegamento con un trapo limpio, se dejaron secar en las gradillas por una semana aproximadamente.

### **Selección de Muestras para Fotografía**

Ya que las preparaciones estuvieron montadas y secas, se observaron en el microscopio para seleccionar las preparaciones que se deseaba microfotografiar, para esto se observó que no estuvieran rotos los tejidos, ni los bordes dañados, ni coloreados en exceso y que pudieran mostrar los tejidos de interés, una vez seleccionados se marcaron y se llevaron al proceso siguiente.

### **Microfotografía y Mediciones**

A los tejidos seleccionados se les tomó microfotografías a dos aumentos, 10x y 40x, Y se tomaron las microfotografías seleccionadas por tratamiento y de acuerdo a los muestreos. Finalmente se realizaron los conteos y mediciones de áreas de vasos de xilema de pecíolos y de hojas por tratamiento con la ayuda del un software de medición AxioVision versión 4.5.

### **Análisis Estadístico**

Para el análisis de los datos se utilizó el arreglo de bloques al azar siendo 4 tratamientos con 9 repeticiones; y se realizó un análisis de medias por medio de la prueba de Tukey con nivel de significancia 0.05.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la variable longitud de estomas adaxiales y longitud de estomas abaxiales (Figura 1), se observó que existen diferencias significativas entre genotipos, donde los tetraploides, superaron al diploide (T1) (27.44  $\mu\text{m}$  y 25.85  $\mu\text{m}$  respectivamente). Siendo el T4 (tetraploide) el que mostró la mayor longitud de estomas adaxiales (39.49  $\mu\text{m}$ ) y longitud de estoma abaxial (40.97  $\mu\text{m}$ )

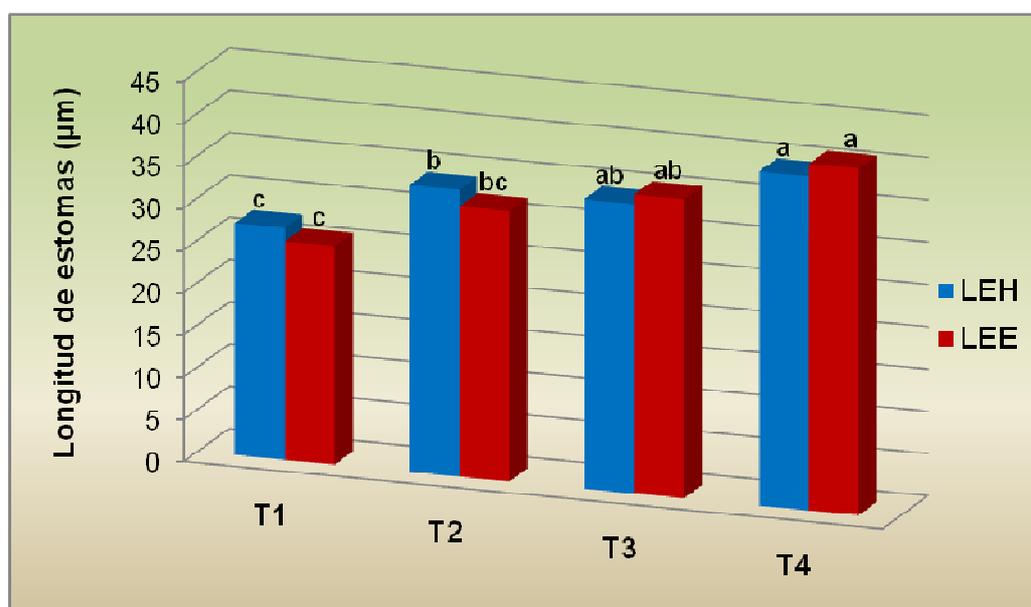


Figura 1. Longitud media de estomas adaxiales (LEH) y abaxiales (LEE) de tomate de cáscara diploide y tetraploides.

El análisis de varianza realizado a la variable ancho de estomas adaxiales y ancho de estomas abaxiales exhibió diferencias estadísticamente significativas entre genotipos, y al realizar comparación de medias se encontró que el diploide fue estadísticamente diferente del tetraploide T4, el ancho de estomas adaxiales en el diploide (14.94  $\mu\text{m}$ ) y ancho de estomas abaxiales (17.46  $\mu\text{m}$ ) fueron los valores mas bajos observados (Figura 2). Los estomas

adaxiales y abaxiales del tetraploide son 39 por ciento mas anchos que los del diploide. En general se puede indicar que los estomas abaxiales son de mayor anchura que los adaxiales superando los primeros a éstos últimos en promedio de un 22 por ciento. Esto no ocurrió con la longitud ya que en algunos casos los estomas adaxiales fueron más largos y en otros genotipos ocurrió lo contrario. Lo antes indicado es importante debido a que estas características pueden estar relacionadas con el diámetro del poro estomático, el cual esta directamente relacionado con el intercambio de gases.

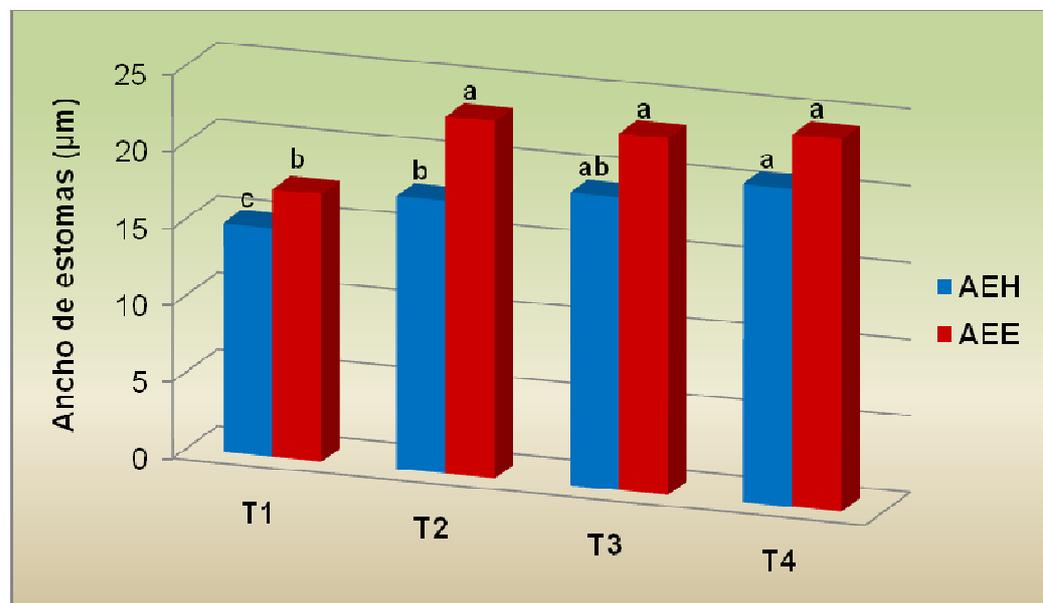


Figura 2. Anchura media de estomas adaxiales (AEH) y abaxiales (AEE) de tomate de cáscara diploide y tetraploides.

Así como el tamaño del estoma es importante para el intercambio gaseoso, el número de estomas por unidad de área también resulta importante, en relación a esta variable se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre genotipos. Donde el tetraploide T2 presento el mayor valor de estomas adaxiales y el segundo lugar fue ocupado por el diploide T1 y el tetraploide T4 fue el que presento el valor mas bajo. Considerando lo antes observado en relación al numero de estomas adaxiales, parece ser que es una

variable no modificada por el incremento en el nivel de ploidía, sin embargo al observar el número de estomas abaxiales se encontró que el genotipo diploide fue el que presentó el mayor número, superando en un 88 por ciento al tetraploide T4, resultando éstos genotipos estadísticamente diferentes (Figura 3). También se observó que el número de estomas abaxiales siempre fue mayor al número de estomas adaxiales en promedio en un 50 por ciento por lo tanto ésta especie es considerada hipoestómatica.

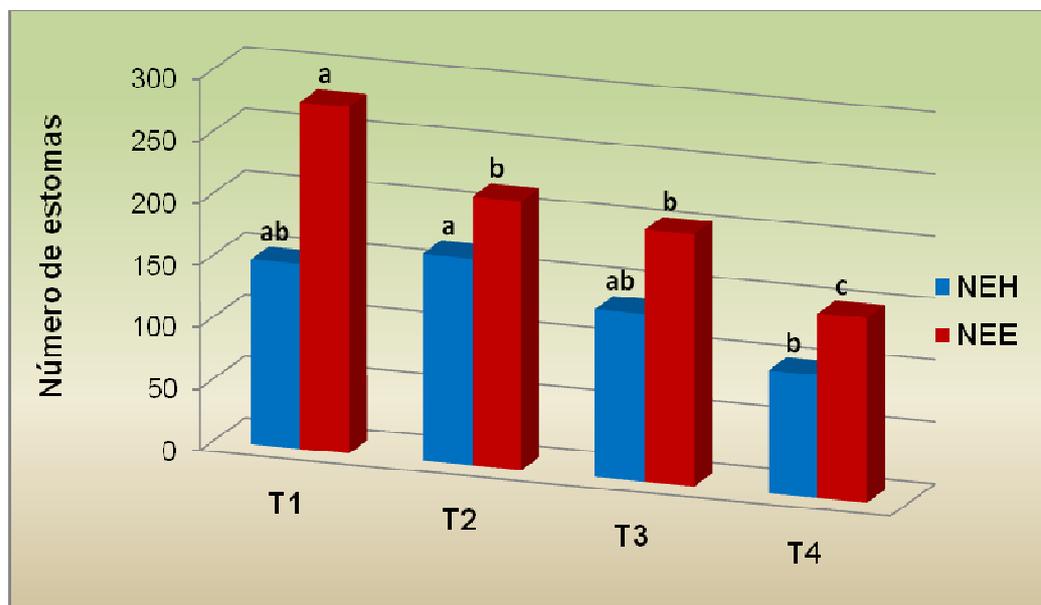


Figura 3. Número promedio de estomas adaxiales (NEH) y abaxiales (NEE) de tomate de cáscara estudiado en Saltillo, Coahuila, 2008.

El estoma es importante en el intercambio gaseoso, como la transpiración sin embargo el agua antes de llegar al estoma una de sus rutas a por los vasos de xilema cuyo estudio resulta importante ya que dependiendo del número y diámetro de los vasos de xilema será la eficiencia refrigerante de la transpiración y de la movilización de sales minerales en la planta. Al estudiar el área de vasos de xilema en tetraploides y el diploide se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y al realizar la comparación de medias se encontró que tanto en el peciolo como en las

nervaduras de la hoja los tetraploides presentaron una mayor área de conducción del xilema que los diploides (Figura 4). En ambos casos el tetraploide T4 fue el que presentó la mayor área de conducción. Lo anterior, aunque podría pensarse aumenta la capacidad de conducción, puede ser contraproducente ya que en condiciones de estrés al tener mayores diámetros de conducción se puede romper más fácilmente la columna de agua que en diámetros mas reducidos, debido a que influyen fuerzas de cohesión para tal movimiento del agua.

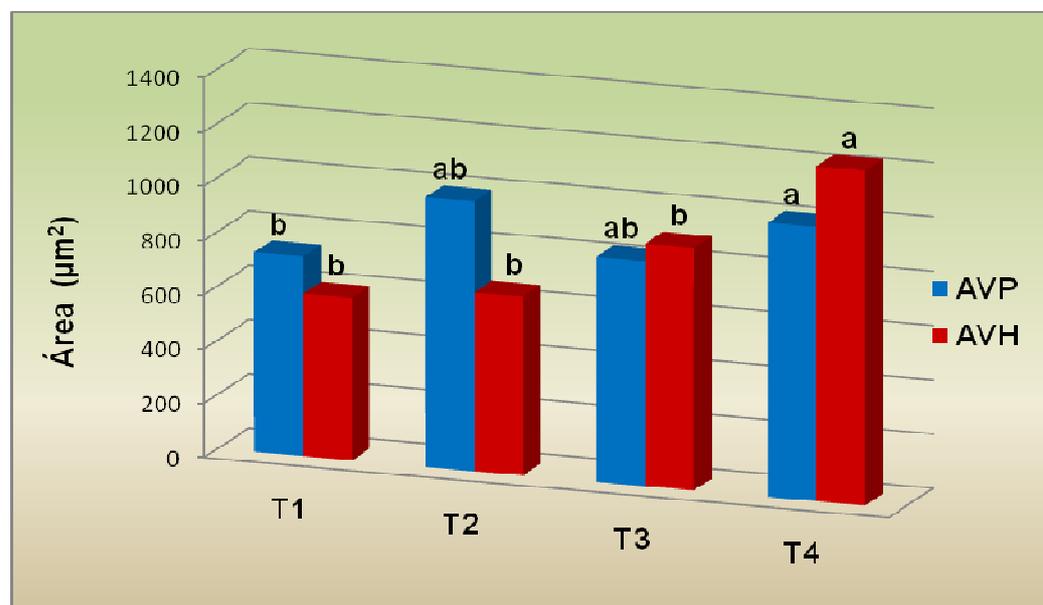


Figura 4. Área promedio de los vasos de xilema del peciolo (AVP) y de las nervaduras de área de la hoja (AVH) de tomate de cáscara estudiado en Saltillo, Coahuila, 2008.

La variable vasos por área ( $0.024 \text{ mm}^2$ ), en peciolo no presentó diferencias significativas entre genotipos. En cambio para número de vasos por área en hoja si existieron diferencias estadísticas significativas, mostrando el testigo (diploide) un mayor valor en comparación a los genotipos tetraploides (Figura 5). Desde el punto de vista de intercambio gaseosos resulta más

importante un gran número de vasos de xilema con un área de conducción baja, dado que el diploide presento baja área de conducción y alto numero de vasos de xilema, probablemente esta característica podría ser sobresaliente sobre todo en áreas de temporal o con déficits de agua, mientras que los tetraploides probablemente requerirán mayores cantidades de agua.

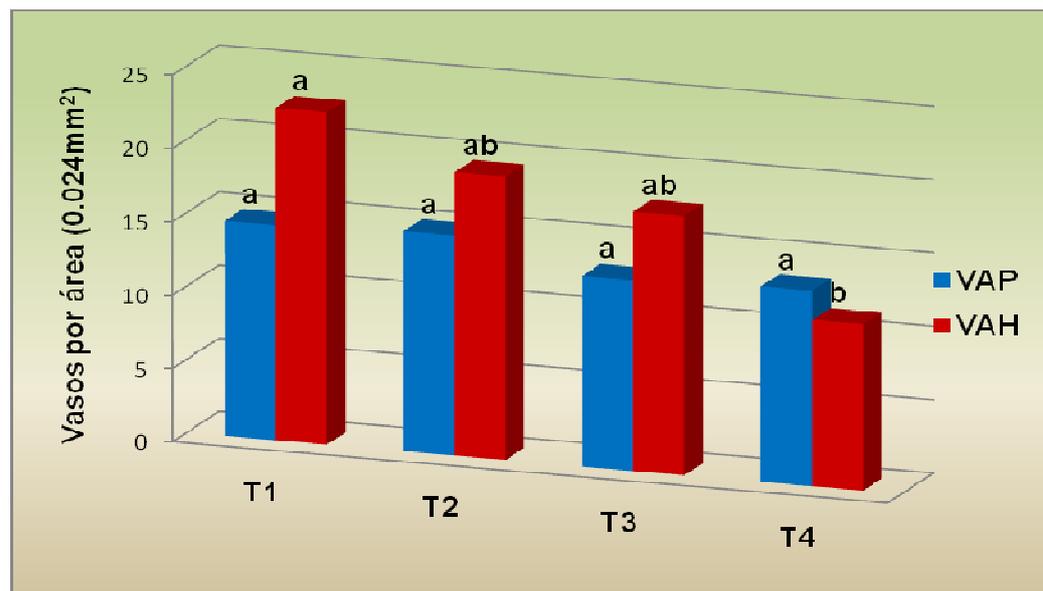


Figura 5. Número promedio de vasos de xilema de peciolo (VAP) y de hoja (VAH) por área ( $0.024 \text{ mm}^2$ ) en tomate de cáscara, estudiado en Saltillo, Coahuila, 2008.

En el análisis de varianza para la variable diámetro de vasos de xilema de pecíolos, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, dada esta situación se realizó una comparación de medias, encontrando que el genotipo tetraploide T4 fue estadísticamente mayor en comparación a los demás tetraploides, en general todos los genotipos tetraploides fueron superiores al testigo (diploide). De igual forma, para

diámetro de vasos de hoja, existió diferencias significativas, el genotipo T4 superó al testigo (Figura 6).

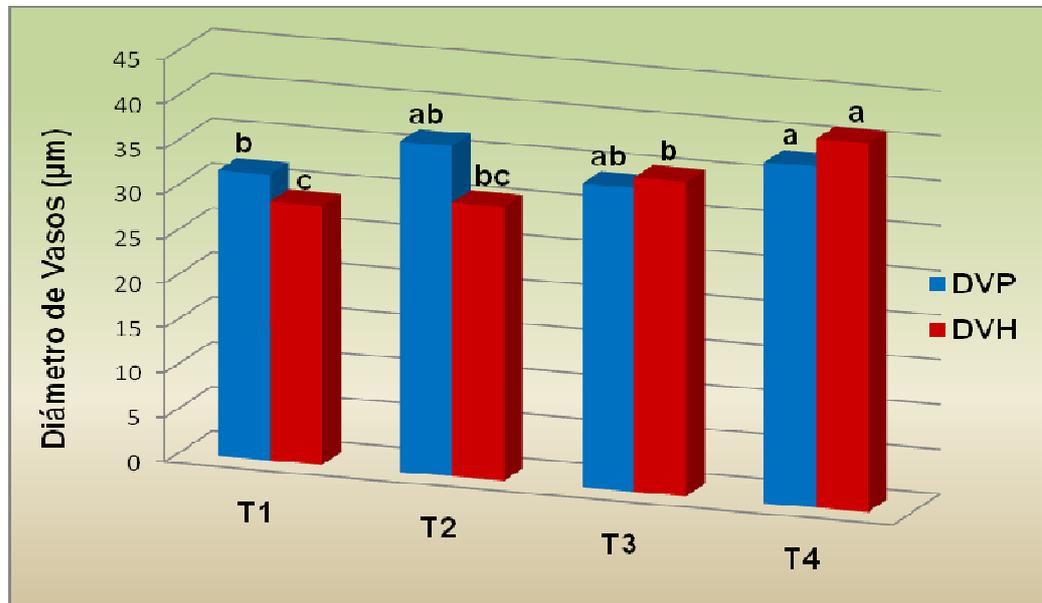


Figura 6. Diámetro promedio del área de conducción de los vasos de xilema de peciolo (DVP) y de hoja (DVH) en tomate de cáscara, estudiado en Saltillo, Coahuila, en el 2008.

## **CONCLUSIONES**

Los resultados de esta investigación muestran que existe variación a nivel estomas y vasos de xilema entre los genotipos tetraploides y que difieren significativamente del diploide. Concluyendo que las variables anatómicas están influenciadas directamente por el nivel de ploidia.

Los estomas de los tetraploides son más largos y anchos pero con una menor densidad, en comparación a los diploides. Es importante señalar que el área de vaso en peciolo y en hoja es similar no importando el nivel de ploidia, los tetraploides tienen un xilema con mayor área de conducción, y vasos con mayor diámetro que los diploides. Es necesario realizar otros estudios que permitan establecer una mejor relación entre características anatómicas y rendimiento.

## BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, L. Ma. G.; Aguilar, V. A. 2000. Cambios físicos y químicos en frutos de siete variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en postcosecha. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México. 83 p.
- Azorin, R. M. 1997. Comportamiento del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en un suelo salino del municipio de Atenco, Edo. de México. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México.
- Bastos, S. F., D. A. Bisognin, M.B. L. Camargo Da Costa, M. V. Rampelotto. 2004. Técnica para el estudio de anatomía de epidermis foliar de batata. Ciencia Rural. 34(5):1597-1601.
- Cárdenas Ch. I. 1981. Algunas técnicas experimentales con tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot). Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.
- Cartujano, E. F. 1984. Desarrollo y fenología del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) var. Rendidora. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México.
- Castillo P. I. A., Peña L. A., Cruz G. A. 1991. Densidad de población, sistemas de manejo y arreglos topológicos en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot) Revista Chapingo. 73-74
- Castro, M, Fassio, C, Darrouy I y Reyes S. Caracterización histológica de vasos xilemáticos a nivel de tallo y vulnerabilidad a la cavitación en portainjertos de Palto (*Persea americana* mill) y la variedad hass en plantas de Vivero. Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate) 2007. Viña Del Mar, Chile. 12 – 16 Nov. 2007. ISBN No 978-956-17-0413-8.
- Devlin, Robert M, 1982. Fisiología vegetal. Cuarta edición. Ediciones omega, S.A. Barcelona, España. 517 pags.

- García, S. F. 1975. El género *Physalis* (solanaceae) en el Valle de México. Tesis. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (IPN). México, D. F. 64 p.
- García, V. A. 1976. Citotaxonomía del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Avances de la investigación, 1975-1976. Colegio de Posgraduados. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo. México.
- Medina, C. J. 1996. Aplicación de micronutrientes en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en Chapingo. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México. 103 p.
- Montalvo, H. D. 1995. Nutrición y clorosis en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis de Maestría en Horticultura. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México. 181 p.
- Moreno; Torres. 1996. Evaluación de fertilizantes orgánicos en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) variedad de CHF1- Chapingo. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México.
- Mulato, B. J. 1984. Desarrollo y fenología del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) variedad rendidora en la región de Zacatepec, Morelos. II Dinámica del desarrollo en base a los muestreos en pie e investigación del sistema radical. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México. 116 p.
- O'Brien, T.P., M.E. Mc Cully. 1981. The study of plant structure principles and selected methods. Practice-Hall of austrlia Pty. Ltd., Sydney, Australia.
- Peña Lomelí A y F. Márquez S. 1990. Mejoramiento de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot). Resumen del XIII Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitogenética. Cd. Juárez Chihuahua. p.320.

- Pérez, G. M. F.; Márquez, S.; Peña, L. A. 1997. Mejoramiento genético de hortalizas. Departamento de Fitotecnia. 1ª. ed. UACH. Chapingo. México. 380 p.
- Revista Productores de Hortalizas. 2002. Año 11. No. 2. Febrero 2002.
- Reyes S. I.; Barrientos P, A.; Terrazas, T.; Trejo, C. 2002. Xylem conductivity and vulnerability in cultivars and races of avocado. *Scientia Horticulturae*. 92: (2002) 97-105
- Rodríguez, S. F. 1992. Fertilizantes. Nutrición Vegetal. AGT. Editor. México, D.F. 157 p.
- Salisbury, F.B. y Ross, C. 1992. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberiamericano. México
- Sánchez M, J., J. M. Padilla G., B. A. Bojorquez M., Ma. C. Arriaga R., L. J. Arellano R., E. Sandoval I., E. Sánchez M. 2006. Tomate de cáscara cultivado y silvestre del occidente de México. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Dirección General de Vinculación y Desarrollo Tecnológico y Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Departamento de Producción Agrícola. Impresión Publicitaria «Prometeo Editores». Guadalajara, Jalisco, México. 30 de abril de 2006. 176 páginas.
- Santiagoullo, H. J. F. 1995. Estabilidad del rendimiento de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.)
- Saray M, C. R., A. Palacios A. y E. Villanueva. 1978. Rendidora: Una Nueva Variedad de Tomate de Cáscara. El Campo 54 (1041):17 –21.
- Saray, M.C. y R J. Loya.1977. Tomate de Cáscara, Algunos Aspectos sobre su Fisiología e Investigación. Campo Agrícola Experimental Zacatepec, Morelos, México.
- Serrano, A. A. D. 1998. Determinación del intervalo óptimo de cosecha y descripción fenológica de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.)

tipo salamanca. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México. 54 p.

Steudle, E. 1995. Tres under tension. *Nature* 378: 663-664.

Strasburger E., Noll F., Schenck H. y A.F.W. Schimper. 1997. Morfología y anatomía de las plantas vasculares. En: Tratado de Botánica. 8ª. Edición Castellana. Editorial Omega. Barcelona. España. 1068 pp.

Vázquez, R. F. 1977. Resumen del cultivo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México. 36 p.

Verdejo, R. 1987. Caracterización de la variedad de tomate de cáscara "Rendidora" (*Physalis ixocarpa* Brot.) Para su mejoramiento genético en Chapingo, México. Tesis de Licenciatura de la Universidad Veracruzana.

Páginas Web:

<http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ventana.php?idLiga=1042&tipo=1>

## APENDICE

**Cuadro 3.** Valores medios de seis variables estomáticas de tetraploides de *Physalis ixocarpa* Brot., estudiados en Saltillo, Coahuila, 2008.

| Genotipo  | LEH<br>$\mu\text{m}$ | LEE<br>$\mu\text{m}$ | AEH<br>$\mu\text{m}^2$ | AEE<br>$\mu\text{m}^2$ | NEH             | NEE             |
|-----------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|
| <b>T1</b> | 27.44 c              | 25.85 c              | 14.94 c                | 17.46 b                | 149.20ab        | <b>279.73 a</b> |
| <b>T2</b> | 33.92 b              | 31.97bc              | 17.78 b                | 23.29 a                | <b>167.11 a</b> | 216.89 b        |
| <b>T3</b> | 34.22ab              | 35.36ab              | 19.08ab                | 23.26 a                | 135.62ab        | 203.52 b        |
| <b>T4</b> | <b>39.49 a</b>       | <b>40.97 a</b>       | <b>20.73 a</b>         | <b>24.27 a</b>         | 99.24 b         | 149.03 c        |
| <b>CV</b> | 12.22%               | 14.91%               | 9.44%                  | 13.57%                 | 31.97%          | 19.46%          |

TUKEY= (0.05%); número de estomas adaxiales (NEH), número de estomas abaxiales (NEE), longitud de estomas adaxiales (LEH), longitud de estomas abaxiales (LEE), ancho de estomas adaxiales (AEH), ancho de estomas abaxiales (AEE).

**Cuadro 4.** Valores medios de seis características de vasos de xilema en tetraploides de *Physalis ixocarpa* Brot., estudiados en Saltillo, Coahuila, 2008.

| Genotipo  | AVXP<br>$\mu\text{m}^2$ | DVXP<br>$\mu\text{m}$ | VAP<br>0.024mm <sup>2</sup> | AVXH<br>$\mu\text{m}^2$ | DVH<br>$\mu\text{m}$ | VAH<br>0.024mm <sup>2</sup> |
|-----------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------------|
| <b>T1</b> | 736.51b                 | 31.95b                | 14.66 a                     | 599.39b                 | 28.94c               | <b>22.66 a</b>              |
| <b>T2</b> | 994.10ab                | 36.90ab               | <b>15 a</b>                 | 658.59b                 | 30.59bc              | 19.33 ab                    |
| <b>T3</b> | 830.21ab                | 33.96ab               | 13 a                        | 894.09b                 | 35.12b               | 17.66 ab                    |
| <b>T4</b> | <b>1010.04a</b>         | <b>38.07 a</b>        | 13.33 a                     | <b>1233.78a</b>         | <b>41.20 a</b>       | 11.33 b                     |
| <b>CV</b> | 23.38%                  | 11.58 %               | 14.24%                      | 22.41%                  | 10.11%               | 17.54%                      |

TUKEY= (0.05%) vasos por área de peciolo (VAP), vasos por área de hoja (VAH), área de vaso de peciolo (AVP), área de vaso de hoja (AVH), diámetro de vaso de peciolo (DVP), diámetro de vaso de hoja (DVH).