

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

**TOLERANCIA DE TRES VARIEDADES MEXICANAS DE FRESA (*Fragaria x
ananassa*) AL ATAQUE DE *Tetranychus urticae* (ACARI: TETRANYCHIDAE)**

SANDRA GUADALUPE GONZÁLEZ DOMÍNGUEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA EN CIENCIAS

Montecillo, Texcoco, Estado de México

2014

La presente tesis titulada: “Tolerancia de tres variedades mexicanas de fresa (*Fragaria x ananassa*) al ataque de *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae)” realizada por la alumna Sandra Guadalupe González Domínguez, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
POSTGRADO EN FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA

Dra. Ma. Teresa Santillán Galicia

ASESOR

Dr. Víctor Arturo González Hernández

ASESOR

Dr. Héctor González Hernández

ASESOR

Dr. Javier Suárez Espinosa

Montecillo, Texcoco, México, 11 de diciembre de 2014

TOLERANCIA DE TRES VARIEDADES MEXICANAS DE FRESA (*Fragaria x ananassa*) AL ATAQUE DE *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae)

Sandra Guadalupe González Domínguez, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2014

RESUMEN

La fresa (*Fragaria x ananassa*) es un cultivo importante en México, porque de ella se producen anualmente aproximadamente 379,463.88 ton de fruta. Por ello existe la necesidad de crear variedades mexicanas con características de tolerancia a diferentes plagas y enfermedades, que le permitan ser competitivas con otras variedades extranjeras y traer consigo mayores beneficios a los productores. En el presente este trabajo evaluamos la tolerancia de tres variedades mexicanas (CP0615, CPLE-7 y CPJACONA) contra la plaga más importante de la fresa en México, el ácaro *Tetranychus urticae* y para cubrir este objetivo se evaluó en las tres variedades de fresa el área dañada en las hojas, la actividad fotosintética (A), la concentración sub-estomática CO₂ (Ci) y la conductancia estomática (gs) en las tres variedades. También se comparó entre las variedades, el número y morfología de los tricomas entre las variedades. Finalmente, se estimó el crecimiento poblacional, la duración de los estados de desarrollo y supervivencia de *T. urticae* en las tres variedades de fresa evaluadas. La variedad que presentó la menor área dañada fue CPLE-7. Entre las variedades en las cuales se desarrollaron las poblaciones de *T. urticae* no se obtuvieron diferencias

significativas en *A*, *Ci* y *gs*. Adicionalmente no se obtuvieron diferencias en la duración de las etapas de desarrollo de *T. urticae* atacando las variedades de fresa, excepto en larva, la cual se desarrolló en menor tiempo en la variedad CPLE-7. La proporción de huevos que llegaron a la etapa adulta fue menor en la variedad CPLE-7. El número y la morfología de los tricomas no juegan un papel importante en la supervivencia y desarrollo de *T. urticae*, ya que éstos fueron similares en las tres variedades. Basados en nuestros resultados, consideramos que la variedad CPLE-7 tiene el mayor potencial para ser utilizada a escala comercial en México.

TOLERANCE OF THREE MEXICAN VARIETIES OF STRAWBERRY *Fragaria x ananassa*) TO THE DAMAGE CAUSED BY *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae)".

Sandra Guadalupe González Domínguez, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2014

ABSTRACT

The strawberry (*Fragaria x ananassa*) is an important crop in Mexico, with an annual production of approximately 379,463.88 ton of fruit. However, the production of strawberry in Mexico relies on foreign varieties, which increases considerably the production costs. Therefore, there is a need to produce Mexican varieties with characteristics of tolerance to different pests and diseases, enabling it to be competitive with other foreign varieties and bring greater benefits to strawberry producers. In the study, the tolerance of three newly-developed Mexican strawberry varieties (CP0615, CPLE-7 and CPJacona) to the most important pest of strawberry in Mexico, the mite *Tetranychus urticae*. We evaluated the area of leaf damaged, photosynthetic activity (A), sub-stomatal CO₂ concentration (C_i) and stomatal conductance (g_s). We also compared number and type of trichomes in the three varieties. Finally, we compared the population growth, duration of each developmental stage and survival of *T. urticae* on the three strawberry varieties. The area of leaf damaged in variety CPLE-7 was

significantly smaller than for the other varieties. There were no significant differences in A, Ci and gs values amongst the three varieties in the presence of *T. urticae*. Also, there were no significant differences in the duration of *T. urticae* developmental stages amongst the varieties, except for larvae where the shortest duration was on variety CPLE-7. The proportion of eggs reaching the adult stage was significantly lower on variety CPLE-7. The number and morphology of the trichomes did not play an important role in the outcomes, as they were similar in the three varieties. Based on these results we believe that the variety CPLE-7 has the greatest potential for further development, and eventually, for use on a commercial scale in Mexico.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo financiero a través de mi beca sin la cual no hubiese podido haber realizado mis estudios de maestría.

Al Colegio de Posgraduados y el Posgrado del Instituto de Fitosanidad, por la facilidad y recursos permitidos para la realización de esta investigación.

Al Dr. Guillermo Calderón Zavala del Posgrado en Fruticultura del Colegio de Postgraduados, por proporcionar el material vegetal.

A mi consejo particular Dra. Ma. Teresa Santillán Galicia por todo el apoyo, profesionalismo y ética que mostró en el transcurso de mi estancia durante la maestría.

Al Dr. Víctor A. González Hernández por cada uno de los consejos y observaciones científicas aportados para la realización de mi investigación.

A los Dres. Javier Suárez Espinosa y el Dr. Héctor González Hernández, por las facilidades y consejos que enriquecieron mi formación.

Al MC. Jorge Valdez por la buena disposición y apoyo para el procesamiento de imágenes.

Al Dr. Nicacio Cruz Huerta por la toma de datos de fotosíntesis.

A la Biol. Paulina Romero por el apoyo en el trabajo de campo.

DEDICATORIA

A mi familia González Domínguez:

*Mis padres Oliveria Domínguez y Demetrio González y hermanos Ma. De los
Ángeles y Julio Cesar por ser parte de mi formación humana, profesional y
familiar.*

A mis amados hijos

A mi esposo Pablo Juárez

A mi nueva familia Pablo Juárez e Isabel Hernández

A mis verdaderos amigos Paty Torres, Mirna Zavala, Santiago Vélez.

Sinceramente Sandra

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	ii
ABSTRACT.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
CONTENIDO.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	4
2.1 Objetivo general.....	4
2.1.1 Objetivos específicos.....	4
2.2 Hipótesis.....	4
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
3.1 El cultivo de fresa.....	5
3.1.1 Producción mundial y nacional.....	5
3.1.2 Variedades cultivadas en México.....	6
3.1.3 Indicadores fisiológicos.....	7
3.1.3.1 Análisis estadístico.....	7
3.1.4 Plagas de la fresa.....	8
3.2 <i>Tetranychus urticae</i>	9
3.2.1 Daños.....	9
3.3 Mecanismos de resistencia de las plantas a plagas.....	11
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
4.1 Lugar y época de estudio.....	12
4.2 Material biológico.....	13
4.2.1 Cría de <i>Tetranychus urticae</i>	13
4.2.2 Cultivo de fresa.....	13
4.3 Determinación de la relación entre la densidad de <i>T. urticae</i> y el daño foliar y fisiológico ocasionado por estos ácaros.....	14
4.3.1 Estimación de la densidad final de ácaros.....	15
4.3.1.1 Análisis estadístico.....	16
4.3.2 Medición de los indicadores fisiológicos.....	16
4.3.2.1 Análisis estadístico.....	17
4.3.3 Determinación del daño foliar.....	18
4.3.3.1 Análisis estadístico.....	19
4.4. Determinación de los parámetros poblacionales de <i>Tetranychus urticae</i>	20
4.4.1 Duración de los estados de desarrollo.....	20

	Pág.
4.4.2 Supervivencia.....	21
4.5. Determinación del tipo y densidad de tricomas.....	22
5. RESULTADOS.....	24
5.1.1 Estimación de la densidad final de ácaros.....	24
5.1.2 Medición de los indicadores fisiológicos.....	25
5.1.3 Determinación del daño foliar.....	28
5.1.4 Determinación de los parámetros poblacionales de <i>T. urticae</i>	28
5.1.4.1 Duración de los estados de desarrollo.....	28
5.1.4.2 Supervivencia.....	30
5.1.5 Determinación del tipo y densidad de tricomas.....	31
6. DISCUSIÓN.....	34
7. CONCLUSIONES.....	38
8. LITERATURA CITADA.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cámara de intercambio de gases (LI-COR 6400)	17
Figura 2. Digitalización de hojas infestadas	19
Figura 3. Cámara de cría usada para determinar los parámetros poblacionales de <i>T. urticae</i>	21
Figura 4. Población final de ácaros desarrollados en los tratamientos (T2, T3 y T4) en las tres variedades de fresa	25
Figura 5. Valores de Ci observados en las plantas testigo (T1) y en las plantas inoculadas con ácaros (T2, T3, y T4)	27
Figura 6. Porcentaje de área foliar dañada por <i>T. urticae</i> en las tres variedades de fresa	29
Figura 7. Duración en horas de cada estado de desarrollo de <i>T. urticae</i> en las tres variedades de fresa	30
Figura 8. Proporción de huevos que alcanzaron el estado adulto en las tres variedades de fresa	31
Figura 9. Número promedio de tricomas por cm ² en hojas intermedias y maduras de tres variedades de fresa	32
Figura 10. Tipos de tricomas observados en tres variedades de fresa	33

1. INTRODUCCIÓN

La fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) es un cultivo importante en México del cual se producen anualmente aproximadamente 379,463.88 ton de fruta, la cual en su mayoría es exportada a EE. UU. (Boriss, 2012). En el 2012, por ejemplo, se exportaron 4.2 millones de dólares de fruta fresca de fresa. Los principales estados productores de fresa son Michoacán, Baja California Norte y Guanajuato, estados que aportan 90 por ciento de la producción nacional.

En todas las zonas productoras de fresa se reportan diferentes plagas y enfermedades que afectan considerablemente los costos de producción, ya que para poder contrarrestar los daños que provocan las plagas y enfermedades, es necesario destinar mayores recursos económicos. Dentro de las plagas que son consideradas de mayor importancia a nivel nacional y mundial en el cultivo de las fresas se encuentra la araña roja o el ácaro de dos manchas (*Tetranychus urticae* Koch), el cual disminuye considerablemente el vigor de la planta y como consecuencia ocurre una disminución del tamaño de frutos y pérdidas en el rendimiento (Lola-Luz, 2003).

Estos ácaros se alimentan de la parte foliar de la planta de fresa, en la cual rompen el tejido epidérmico para remover el contenido celular por lo que destruyen las células del parénquima en empalizada y el esponjoso (Campbell *et al.*, 1990). Los anterior resulta en la destrucción de los cloroplastos, con una disminución de la tasa fotosintética y de la conductancia estomática, esto afecta así el crecimiento

y desarrollo de la planta, con la consecuente disminución del tamaño de frutos y pérdidas en el rendimiento (Lola-Luz, 2003; Freitas *et al.*, 2009).

Por su alto potencial reproductivo esta especie de ácaros tiene la capacidad de incrementar su población rápidamente, de tal manera que en un corto tiempo puede rebasar el umbral económico de daño si no se toman las medidas pertinentes para su control.

El principal modo de control que se ha utilizado contra *T. urticae* es mediante acaricidas, sin embargo, la residualidad de éstos en las plantas y el efecto secundario que pudieran tener en la contaminación de las frutas para consumo, hacen que el mercado internacional exija que el producto frescos, esté libre de estos productos químicos (Endersby y Morgan, 1991). En la actualidad la estrategia más efectiva de control es el manejo integrado de plagas (MIP), el cual combina diversas estrategias, tales como el uso de repelentes, control cultural, control químico (manejo racional de plaguicidas), control biológico y plantas resistentes o tolerantes al ataque de sus plagas (Endersby y Morgan, 1991).

La mayoría de las plantas desarrollan características morfológicas y compuestos secundarios como mecanismos de defensa contra los artrópodos que se alimentan de ellas (Handley *et al.*, 2005). Entre las características morfológicas se encuentran el grosor de la epidermis de las hojas y la presencia de tricomas, características que pueden afectar el desarrollo y reproducción de sus comensales. Potencialmente afectan la oviposición, la tasa de desarrollo de los individuos y la tasa de alimentación (Handley *et al.*, 2005).

En el caso de *T. urticae* en la fresa se ha demostrado que existen una relación entre la oviposición y supervivencia del ácaro, con el número y densidad de tricomas (Amil *et al.*, 2011). La generación, adopción y posicionamiento de nuevas variedades de fresa puede contribuir a disminuir los problemas por ácaros y reducir la dependencia tecnológica del extranjero (Diario Oficial, 2010).

Por ello existe la necesidad de crear variedades mexicanas de fresa con características de tolerancia a diferentes plagas y enfermedades, que le permitan ser competitivas con otras variedades extranjeras, lo que producirá mayores beneficios a los productores. Por tal motivo, en esta investigación se plantea determinar los niveles de tolerancia de variedades de fresa mexicanas al daño ocasionado por *Tetranychus urticae*, y establecer la posible relación de las características morfológicas y fisiológicas de las plantas con diferentes niveles de infestación de este ácaro.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivo general

Determinar la tolerancia de las variedades mexicanas de fresa, CPJacona, CP-LE7 y CP0615, al daño ocasionado por *Tetranychus urticae*.

2.1.1 Objetivos específicos

Determinar la relación entre la densidad de *T. urticae* y el daño foliar y fisiológico ocasionado en tres variedades de fresa.

Determinar los parámetros poblacionales de *T. urticae* en tres variedades de fresa.

Determinar el tipo y densidad de tricomas presentes en las tres variedades de fresa.

2.2 Hipótesis

Los daños ocasionados por *T. urticae* están relacionados con su densidad poblacional y la variedad de fresa.

Los parámetros poblacionales de *T. urticae* son afectados por la variedad de fresa en la que se desarrollan.

El tipo y densidad de tricomas es diferente en las tres variedades de fresa.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 El cultivo de fresa

La fresa (*Fragaria x ananassa*) es un género de la familia Rosaceae. A nivel mundial existen más de 20 especies, así como varios híbridos y cultivares. La planta de fresa es perenne, que por su sistema de crecimiento constantemente está formando nuevos tallos, que la hacen permanecer viva de forma indefinida. Desde el punto de vista agronómico, los cultivares de fresa se pueden clasificar en tres grupos: los de día largo, de día corto o de día neutro. En cualquiera de los casos, la temperatura y las horas frío son factores determinantes para la floración (Santoyo y Martínez, 2010).

3.1.1. Producción mundial y nacional

La fresa se cultiva en más de 60 países del mundo, y el principal productor es Estados Unidos con 1115,000 toneladas al año; le siguen Rusia con 324,000 y España con 263,900 ton. México ocupa el noveno lugar con 207 mil 974 ton (Santoyo y Martínez, 2010; López *et al.*, 2012).

México es considerado como un país competitivo en la producción y exportación de fresa, ya que gran parte de las importaciones de fresa que realiza Estados Unidos provienen de México, y día con día aumentan, ya que abastecen el mercado fresco y como alimentos procesados o congelados.

De acuerdo con SAGARPA (2010), en el año 2008 se produjeron en México 208,932.25 ton de fresa. En México en el año 2007 las exportaciones de fresa alcanzaron 66,914.00 ton, lo que representó 37.93 % de la producción nacional (FAO, 2010). Debido a que Estados Unidos de América es el principal consumidor de fresa en el mundo, en 2011 importó fruta fresca de nuestro país por \$4.2 millones de dólares a EE.UU. (Boriss, 2012).

3.1.2. Variedades cultivadas en México

En México se cultivan diferentes variedades con características diferentes en sus requerimientos y producción, y con ello diferentes épocas de producción, resistencias a plagas y enfermedades, sabor, color, tamaño. Las variedades se pueden comportar de diferentes formas en el proceso de producción debido a factores como, temperatura, ubicación geográfica y manejo agronómico que se les proporcione (Barrera y Sánchez, 2003).

Desde sus inicios el cultivo de fresa se ha basado en la importación de planta madre que se importa de Estados Unidos de Norteamérica y al llegar a México se establece en viveros para su reproducción y posterior trasplante en las áreas comerciales, donde se desarrollará hasta lograr la producción final. Entre las variedades más utilizadas en la región de Zamora, Michoacán se encuentran la Festival, Sweet Charlie, Galexia, Camino Real, Albión, Camarosa, Aromas, Ventana y Diamante (Sánchez, 2008).

3.1.3 Indicadores fisiológicos

El crecimiento de la fruta requiere de energía que en su gran mayoría es utilizada para la materia seca del tejido, y otra parte para los requerimientos respiratorios de las plantas. Esta energía se suministra principalmente a través del proceso fotosintético y para la acumulación de carbohidratos de la fruta (Corelli y Lakso, 2004).

Las hojas de fresa exhiben fotosíntesis tipo C3 como las hojas de la mayoría de otros cultivos de frutales; asimilando el carbón como CO₂ en el ciclo de Calvin vía Rubisco (ribulosa bifosfato carboxilasa-oxigenasa). Los frutos de fresa requieren 30 Kcal o 128 KJ para producir 100 g de fruto, energía que en última instancia deriva de la fotosíntesis de las hojas y fotoasimilados convertidos a diferentes compuestos en el fruto (Blanke, 2002).

Las hojas de fresa contienen clorofila en rango aproximado de 1.5 – 2 mg de clorofila g⁻¹ MF, esto es más del doble de clorofila que en los frutos que va de 0.2 a 0.6 mg de clorofila g⁻¹ MF. Existe suficiente variación entre variedades de fresas para mejorar el aumento de las tasas fotosintéticas (Blanke, 2002).

3.1.3.1 Efecto del daño mecánico en los indicadores fisiológicos

Las plantas pueden tener varios niveles de recuperación fotosintética en diferentes fases de crecimiento, tales con la etapa de desarrollo de las hojas. Las hojas más gruesas son más resistentes a los daños ocasionados por plagas, patógenos y los herbicidas. El daño mecánico en las hojas de fresa completamente desarrolladas puede llegar hasta en un 30%, además cuando estas son dañadas no hay recuperación de la capacidad fotosintética. Los valores de clorofila no se ven afectados por el daño mecánico, además los niveles de CO₂ interno (C_i) son mayores en plantas dañadas en comparación con plantas sin daño mecánico. Cuando las plantas llegan a un 30% de daño foliar éstas sufren una disminución de hasta un 44% en la tasa de asimilación de CO₂ en comparación con plantas sin ácaros. En un período de 16 días después del daño mecánico en las hojas las plantas testigos también muestran una reducción en la tasa de asimilación equivalente a 10% y 20% de daño mecánico (Zafer y Flore, 2012).

3.1.4 Plagas de la fresa

Dentro de las principales plagas que afectan el cultivo de fresa y disminuyen considerablemente sus rendimientos se encuentran las plagas del fruto *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), *Spodoptera eridania* (Stoll), *Agrotis ipsilon* (Hufnagel); áfidos como *Aphis forbesi* (Weed), *Aphis gossypii* (Glover.),

Rhodobium porosum (Sanderson), y algunos trips como *Frankliniella bispinosa* (Morgan) (Rondon *et al.*, 2005)

Con lo que respecta a ácaros, se reporta a la araña ciclamina *Phytonemus pallidus* (Banks), que ocasiona el daño en las hojas más jóvenes porque se localiza principalmente en el envés de éstas (Denmark, 2014). *Tetranychus urticae* es considerada una de las plagas más importantes en el cultivo de fresa ya que al alimentarse de la savia de la plantas reduce su vigor, calidad y rendimiento (Cabrera *et al.*, 1996; Klamkowski *et al.*, 2006).

3.2 *Tetranychus urticae*

Es la plaga de mayor importancia en los cultivos de fresa del Valle de Zamora, Michoacán, región considerada como la más importante en la producción de la fresa en el país y puede llegar acabar con la plantación en unos pocos días, si no se toman las medidas de control adecuadas (Barrera y Sánchez, 2003).

La incidencia de ácaros inicia en el mes de octubre, o al finalizar la temporada de lluvias, se reduce un poco al bajar las temperaturas y se eleva en el mes de marzo o antes (Vázquez y López, 2008), y coincide con la principal época de producción del año, ya sea para comercio nacional o de exportación, siendo el último el más importante.

3.2.1 Daños

Tetranychus urticae es una plaga de fresa cosmopolita y distribuida a nivel mundial, y se encuentra ocasionando daños durante todo el ciclo del cultivo de la fresa (Días *et al.*, 2012). Los daños principalmente se localizan en las células de la epidermis, en la superficie de las hojas. Debido a que los ácaros al alimentarse rompen el tejido epidérmico, remueven el contenido celular, destruyendo las células del parénquima en empalizada y el esponjoso. Esto destruye los cloroplastos, lo que se traduce en una disminución de la tasa fotosintética, de la conductancia estomática de la transpiración, afectándose el crecimiento, desarrollo y la producción (Freitas *et al.*, 2009). Sances *et al.* (1981) mencionan que *T. urticae* ejerce un efecto negativo sobre las variables fisiológicas tales como: fotosíntesis, transpiración y productividad de plantas de fresa en campo. Siendo la fotosíntesis y la transpiración los más afectados ya que reducen considerablemente la apertura de estomas, reduciendo así la tasa de transpiración. Una reducción en la tasa de transpiración trae consigo una pérdida de agua, que a su vez afecta al consumo de la planta. Siendo así que en los niveles más altos de infestación, la inhibición de la fotosíntesis resulta en una reducción en el crecimiento vegetativo, peso fresco y superficie de la hoja (Klamkowski *et al.*, 2006).

T. urticae ocasiona los principales daños en dos ciclos de desarrollo donde afecta considerablemente al cultivo, siendo en la etapa vegetativa donde se presentan las principales afectaciones, ya que existe una relación negativa entre el número de ácaros por hoja y el rendimiento. Cuando se alcanzan 50 ácaros por hoja se considera una infestación alta, y cuando alcanza los 80 ácaros por hoja es considerada el punto crítico ya que logra ocasionar disminución en el rendimiento (Nyoike y Liburd, 2013).

3.3 Mecanismos de resistencia de las plantas a plagas

Las plantas responden a diversos compuestos bioquímicos, características morfológicas, mecanismos moleculares para contrarrestar o compensar los efectos del ataque de herbívoros. Los mecanismos bioquímicos son muy amplios y dinámicos ya que pueden afectar en la alimentación, crecimiento y supervivencia de las plagas (Dermauw *et al.*, 2013). Además las plantas liberan compuestos volátiles que atraen a los enemigos naturales de los herbívoros (War *et al.*, 2012). En algunos cultivos como el algodón, la producción de ácido jasmónico (JA) y ácido salicílico (SA) es una respuesta de defensa de la planta al ataque de *T. urticae* (Miyazaki *et al.*, 2014).

Algunas características morfológicas como el área foliar, pilosidad de la hoja, el grosor de la lámina foliar y la longitud de los tricomas influyen en la capacidad de los depredadores de las ácaros para suprimir la densidad poblacional de éstos (Khan *et al.*, 2008).

En el cultivo de geranios se presenta un mecanismo de resistencia a plagas a partir de tricomas glandulares y el exudado que producen, lo cual se ha demostrado que es eficaz contra el ataque de *T. urticae* (Walters *et al.*, 1990).

Afifi *et al.* (2010) demostraron que algunas características morfológicas de la fresa, como pueden ser los tricomas pueden afectar el desarrollo de *T. urticae*; ya que dependiendo de la densidad de tricomas, el largo y de la terminación de éstos pueden evitar que se desarrollen mejor sus poblaciones. Tal es el caso de algunas variedades de fresa como Sweet Charlie (Sw-cv) (Afifi *et al.*, 2010). Steinite y Levinsh (2003), mencionan que en las hojas de fresa se logran identificar dos tipos de tricomas. El tricoma simple, el cual es unicelular y largo y se encuentra ubicado con mayor frecuencia en las nervaduras y en el margen de las hojas. El segundo tipo de tricomas es multicelular uniseriado. Por lo tanto, el aumento de la pubescencia (tricomas) se correlaciona con un mayor grado de resistencia contra *T. urticae*, por lo que los tricomas que se deben considerar para resistencia son los tricomas del envés, que es en donde los ácaros se alimentan normalmente. Amil *et al.* (2011) también demostraron que existe una relación entre la oviposición y supervivencia de *T. urticae* y el número y densidad de tricomas.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Lugar y época de estudio

La investigación se desarrolló en el Campus Montecillo del Colegio de Postgraduados, el cual se ubica en el municipio de Texcoco, Estado de México, cuya geoposición es 19° 27' N y 98° 53' W. Los experimentos se llevaron a cabo en un invernadero tipo túnel, a una temperatura aproximada de 26 ± 2 °C y una humedad relativa de 65 %. La preparación del material biológico y los experimentos se llevaron a cabo de diciembre de 2012 a mayo de 2013.

4.2 Material biológico

4.2.1 Cría de *Tetranychus urticae*

El ácaro *T. urticae* fue colectado de plantas de fresa de los campos del Posgrado de Fruticultura del Colegio de Postgraduados. La identificación se llevó a cabo mediante las claves taxonómicas de Baker y Tuttle (1994) y Bolland *et al.* (1998). La cría se desarrolló sobre plantas de frijol *Phaseolus vulgaris* (L.) var. Jamapa, las cuales se sembraron en sustrato esterilizado de Growing Mix® y Agrolita (1000:100 g), las cuales se mantuvieron en el invernadero y se regaron con agua corriente cada 2 días. Para mantener constante la colonia de ácaros se hizo la siembra de las plantas de frijol cada 7 días.

4.2.2 Cultivo de fresa

Se utilizaron tres variedades de fresa: CP-L08, CP-LE7 y CP-Jacona, las cuales se obtuvieron del Campo Experimental del Posgrado de Fruticultura del Campus Montecillo, Colegio de Posgraduados, Texcoco, Estado de México. El trasplante de las plantas se hizo en bolsas de 2 L, el sustrato utilizado fue una mezcla de tierra de monte, agrolita y turba (peat moss) en proporción 1:1:1. Previo al trasplante, la corona y las raíces de cada planta se sumergieron durante 15 min en una solución Alliet WDG (OHP, Inc. Mainland, PA, USA) y Ridomil Gold Bravo (Syngenta Mexico, San Luis Potosi, México), como tratamiento preventivo contra enfermedades de la raíz. Las plantas fueron fertilizadas durante los experimentos, cada 20 días con Yaramila™ Complex (Yara International, Oslo, Norway), el cual contiene 12 % de nitrógeno, 11 % de fósforo y 8 % de potasio. El riego se realizaba cada 48 h con agua corriente.

4.3 Determinación de la relación entre la densidad de *T. urticae* y el daño foliar y fisiológico ocasionado por estos ácaros

El experimento se llevó a cabo con un diseño de bloques generalizados completamente al azar con seis plantas por cada una de las tres variedades de fresa. La unidad experimental fue una planta de fresa de tres meses de edad después del trasplante.

Los tratamientos consistieron en infestar con diferentes densidades de hembras adultas de *T. urticae* (las cuales se seleccionaron de manera visual por tamaño y color similar, para tratar de uniformar la edad de éstas), de acuerdo con los tratamientos siguientes: T1= testigo (0 individuos), T2 (5 individuos) T3 (10 individuos), T4 (15 individuos). Los ácaros se transfirieron el mismo día en todos los tratamientos, con un pincel de punta fina a hojas de fresa de edad intermedia. Las plantas en el invernadero tuvieron una separación entre ellas de aproximadamente 30 cm.

Para corroborar el establecimiento de las hembras de *T. urticae*, 24 h posteriores a la infestación se revisaron las plantas con una lupa. Las plantas se regaron cada 2 días con agua corriente. En total se hicieron dos evaluaciones cada 18 días; en cada una de ellas se tomaron tres plantas por tratamiento. La fotosíntesis, conductancia estomática, CO₂ interno, densidad poblacional final y el daño foliar se midieron dos veces, cada 18 días. Antes de medir la capacidad fotosintética y el área foliar dañada, se determinó la densidad de los ácaros (formas móviles) en cada planta. Las técnicas de medición de la densidad del ácaro y de los indicadores fisiológicos se detallan más adelante.

4.3.1 Estimación de la densidad final de ácaros

En cada evaluación se estimó la densidad poblacional de los ácaros que se inocularon en los tratamientos T2, T3 y T4. Para ello, se contó el número de ácaros totales (formas móviles) en cada planta, con base en el número de ácaros

que se encontraron en cada una de las hojas que conformaron las plantas de los diferentes tratamientos y variedades.

4.3.1.1 Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados con ANOVA, y los datos fueron transformados (log 10) antes de realizar el análisis. El análisis fue factorial, considerando los tratamientos, la variedad y tiempos de evaluación como factores principales. Primero se comparó el efecto de los tratamientos (combinando los tiempos de evaluación y variedades), después se compararon los tiempos de evaluación (combinado los tratamientos con ácaros y variedades), posteriormente se compararon entre variedades (combinando los tratamientos con ácaros y tiempos de evaluación), y finalmente se analizó la interacción entre los tres factores. Los datos del tratamiento T1 (testigo) fueron excluidos del análisis. Todos los análisis fueron realizados con el software GenStat ver 8.0 (Payne *et al.*, 2005).

4.3.2. Medición de los indicadores fisiológicos

En las mismas hojas donde se registraron los ácaros, excepto el testigo, se midieron la actividad fotosintética (A), conductancia estomática (gs) y CO_2 interno (C_i) de seis hojas por tratamiento de las tres variedades mexicanas de fresa; es decir, una hoja por planta. Las hojas seleccionadas para la medición tenían el registro de número de ácaros encontrados al momento del conteo. El equipo

utilizado para las mediciones fue un analizador con un sistema de gas abierto (LI-6400 Portable Photosynthesis) (Figura 1). La hoja en que se hizo la medición de fotosíntesis se tomó al azar, pero sólo de las hojas en donde se desarrollaron los ácaros, y dichas lecturas se realizaron en un horario de las 12:00 y 14:30 pm.

Se realizaron dos tomas de lecturas; la primera a los 18 días después de la infestación de las plantas de fresa con *T. urticae*, y la segunda a los 36 días.



Figura 1. Cámara de intercambio de gases (LI-COR 6400) con el que se hicieron las mediciones de fotosíntesis

4.3.2.1 Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con ANOVA, en donde cada variable respuesta se analizó en forma individual mediante un arreglo factorial de tratamientos. Primero

se compararon los tratamientos testigo (T1) contra los tratamientos con ácaros (T2, T3, T4) (combinando las variedades y los tiempos de evaluación).

Considerando únicamente los tratamientos testigo (T1), se comparó entre variedades (combinando los tiempos de evaluación), seguido de una comparación entre tiempos de evaluación (combinando las variedades), y finalmente se evaluó la interacción entre éstos.

Posteriormente, utilizando únicamente los datos de los tratamientos con ácaros (T2, T3, T4), primero se comparó entre trataminetos (combinando variedades y tiempos de evaluación), después se comparó entre variedades (combinando tratamientos y tiempos de evaluación), seguido de una comparación entre tiempos de evaluación (combinando tratamientos y variedades), finalmente se evaluó la interacción entre los tres factores. Todos los análisis fueron realizados con el software GenStat ver 8.0 (Payne *et al.*, 2005).

4.3.3 Determinación del daño foliar

Después de la medición de los indicadores fisiológicos, se cortaron las hojas de cada planta y de cada variedad se cortaron (entre 8 y 10 plantas) y se digitalizaron con un escáner (EPSON Stylus TX 130) con una resolución 600 DPI. Consecutivamente, las imágenes se procesaron usando el software GIMP 2.8.10 (http://the-gimp.softonic.com/?gclid=CN_Sk-ugna0CFYEmtAodEnarWA) para diferenciar la parte dañada de la sana (Figura 2). Sólo se midió el área foliar

dañada del envés, la cual se obtuvo al convertir los pixeles correspondientes al área dañada a porcentaje, mediante el software UTHSCSA Image Tool^R versión 3.0 (<ftp://maxrad6.uthscsa.edu>) (Wilcox *et al.*, 2002).

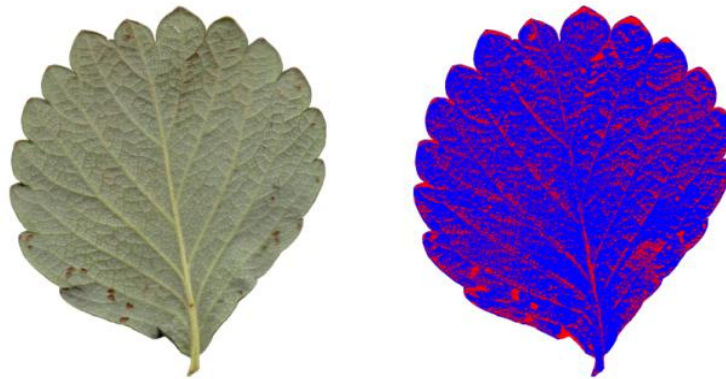


Figura 2. Digitalización de hojas infestadas. A) Vista normal de una hoja. B) Hoja transformada, en donde el área azul es la sana y la roja la dañada por *T. urticae*.

4.3.3.1 Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con ANOVA mediante un arreglo factorial de tratamientos. Se compararon únicamente los tratamientos con ácaros (T2, T3, T4) (combinando variedades y tiempos de evaluación), después se comparó entre variedades (combinando tratamientos y tiempos de evaluación), seguido de una

comparación entre tiempos de evaluación (combinando tratamientos y variedades), finalmente se evaluó la interacción entre los tres factores. Todos los análisis fueron realizados con el software GenStat ver 8.0 (Payne *et al.*, 2005).

4.4 Determinación de los parámetros poblacionales de *Tetranychus urticae*

4.4.1 Duración de los estados de desarrollo

Las unidades experimentales fueron hojas de fresa colocadas dentro de cajas transparentes de polietileno de 20 x 20 x 5 cm, cuya base estaba compuesta por algodón saturado con 60 mL de agua. Nueve hojas de edad intermedia de cada variedad, se colocaron individualmente dentro de cada caja con el envés hacia arriba. En cada hoja se transfirió, con un pincel de punta fina, una hembra de *T. urticae*, la cual se dejó hasta que depositó el primer huevo.

Posteriormente, la hembra fue removida y las unidades experimentales con los huevos de las tres variedades fueron observadas cada 12 h, y la duración de cada estado de desarrollo fue registrado hasta que alcanzaron el estado adulto.

El experimento fue realizado en un cuarto de cría a una temperatura de 26 a 28 °C, una humedad relativa de 65 a 70 % y un fotoperiodo de 12:12 luz-oscuridad, bajo un diseño completamente al azar (Figura 3).

La duración de cada estado de desarrollo fue comparado entre las variedades por medio de un análisis de ANOVA con el software GenStat ver 8.0 (Payne *et al.*, 2005). La duración de cada estado de desarrollo fue analizado separadamente.

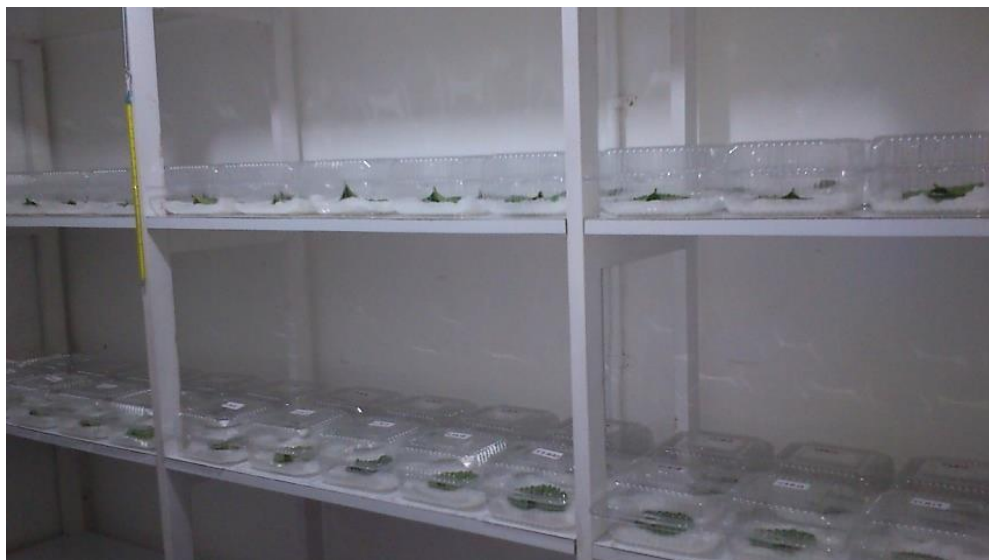


Figura 3. Cámara de cría usada para determinar los parámetros poblacionales de *T. urticae* sobre hojas de fresa de tres variedades.

4.4.2 Supervivencia

Las unidades experimentales fueron las mismas que las descritas anteriormente (4.4.1), a diferencia que para este estudio las unidades experimentales fueron 10 por cada variedad de fresa. En cada unidad experimental se colocó una hembra y un macho, este último removido después de 24 h. La hembra se dejó ovipositar hasta su muerte. El registro del número de huevos se hizo cada 24 h hasta que

llegaron al estado adulto, periodo en el cual se registró la proporción de hembras y machos.

El experimento fue realizado en una incubadora a una temperatura promedio de 26 a 28 °C, una humedad relativa de 65 a 70 % y un fotoperiodo de 12:12 luz-oscuridad, con un diseño completamente al azar.

Los resultados fueron analizados mediante una regresión con el software GenStat ver 8.0 (Payne *et al.*, 2005). Primero se comparó entre las tres variedades al número total de huevos depositados por cada hembra. Después, el número de huevos del total ovipositados que alcanzaron el estado adulto.

4.5 Determinación del tipo y densidad de tricomas

Para determinar el tipo (morfología) y densidad de los tricomas de las tres variedades de fresa en estudio, tres hojas intermedias y tres hojas maduras fueron tomadas de diferentes plantas, en total seis hojas de cada planta; es decir, de seis plantas por cada variedad.

De cada hoja se cortó una fracción de aproximadamente 0.9 cm², el cual fue colocado en un portaobjetos para contar los tricomas con un microscopio estereoscópico (Zeiss).

La morfología de los tricomas de cada variedad se describió a partir de fotografías obtenidas con un microscopio electrónico de barrido (JEOL JSM-6390).

Para ello, fragmentos de 0.5 cm² de hojas fueron fijados en una solución de glutaraldehído a 2.5 % en buffer de fosfato 0.1 M (pH 7.2). Posteriormente, las muestras fueron lavadas con buffer de fosfato 0.1 M y deshidratadas con una serie de alcoholes. Primero, se hizo un lavado con alcohol 80 %, luego se pasaron en alcohol 90 % en el cual se dejaron 12 horas. Se lavaron de nuevo con alcohol 90 %, después se pasaron en alcohol 100 %, en donde se dejaron reposar 2 horas. Por último, se enjuagaron con alcohol 100 % y se colocaron en una secadora de punto crítico (Sambri-780^a) durante 10 min para que el CO₂ líquido se sustituyera por alcohol. Una vez, secos los fragmentos, éstos se montaron, con el envés hacia arriba, en portaobjetos con cinta adhesiva conductora de electricidad (Scotch ®, 3M ©, México, D.F.). Posteriormente se recubrieron de oro con la ionizadora de metales (Fine Coat JFC-1100-JEOL). Finalmente, se tomaron las fotografías con el microscopio electrónico de barrido (JEOL JSM-6390).

El número de tricomas por área de cada variedad fue comparado con ANOVA mediante un análisis factorial con dos factores, la variedad de la planta y la edad de las hojas (intermedias y maduras).

Finalmente se evaluó la interacción entre los dos factores. Todos los análisis fueron realizados con el software GenStat ver 8.0 (Payne *et al.*, 2005).

5. RESULTADOS

5.1 Determinación de la relación entre la densidad de *T. urticae* y el daño foliar y fisiológico ocasionado en hojas de fresa

5.1.1 Estimación de la densidad final de ácaros

La densidad poblacional final de *T. urticae* entre los tratamientos fue diferente ($F_{2, 34} = 17.04$, $P > 0.001$), con el mayor número de ácaros en el tratamiento T4 en el que se inocularon 15 ácaros (Figura 4). Cuando la densidad poblacional final fue comparada entre las variedades (combinando los tratamientos con ácaros y los tiempos de evaluación) también se observaron diferencias significativas ($F_{2, 34} = 17.64$, $P > 0.001$), con el mayor número de ácaros en la variedad CP0615, seguida de las variedades CPLE-7 y CPJacona (Figura 4). En general, la mayor población fue observada en la segunda evaluación (36 días), en comparación con la primera ($F_{1, 34} = 15.88$, $P > 0.001$) (Figura 4). Todas las interacciones entre estos factores fueron significativas ($P < 0.05$).

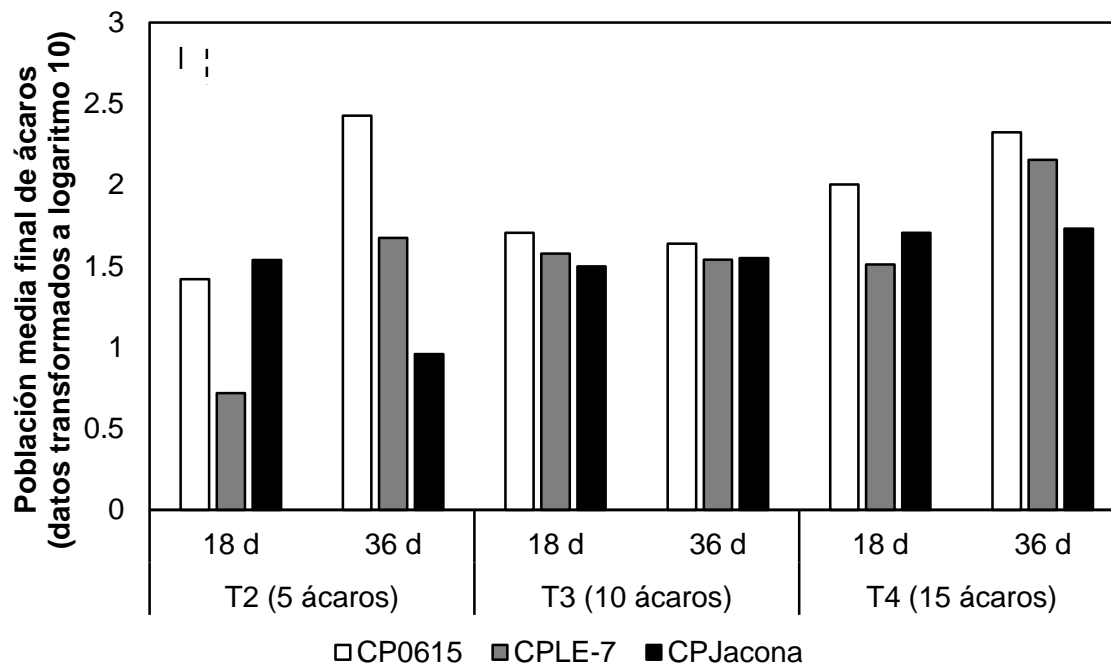


Figura 4. Población final de ácaros desarrollados en los tratamientos (T2, T3 y T4) en las tres variedades de fresa. La línea punteada [error estándar de la media (EEM)] es para comparación entre tiempos de evaluación (0.112, 34 g.l.). La línea continua representa el EEM para las demás comparaciones (0.195, 34 g.l.). *Datos transformados a logaritmo de 10

5.1.2 Medición de los indicadores fisiológicos

La actividad fotosintética (A) no difirió entre las plantas testigo y las plantas de los tratamientos con ácaros (combinando las variedades y los tiempos de evaluación) ($F_{1, 46} = 0.00$, $P = 0.944$). Cuando se compararon sólo las plantas del testigo, tampoco se observó un efecto de la variedad ($F_{1, 46} = 1.48$, $P = 0.239$), cuando se compararon sólo las plantas del testigo.

Sin embargo, A fue más grande en la segunda evaluación ($12.97 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) que en la primera ($8.17 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ($F_{1, 46} = 5.26$, $P = 0.026$), independientemente de la variedad ($F_{2, 46} = 0.72$, $P = 0.494$).

Entre las plantas de los tratamientos con ácaros no hubo un efecto del número de ácaros inoculados (T2, T3 y T4), la variedad o los tiempos de evaluación, en los valores de A ($P > 0.05$). El valor de la media de todos los tratamientos con ácaros combinados fue de $10.48 (\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1})$.

El Ci fue diferente entre las plantas de los testigo (combinando las variedades y los tiempos de evaluación) y en las plantas de los tratamientos con ácaros (combinando las variedades y los tiempos de evaluación) ($F_{1, 46} = 14.45$, $P < 0.001$) (Figura 5). El valor más grande de Ci fue observado en las plantas de los tratamientos con ácaros (362) comparado con las plantas del testigo (344) (Figura 5). Sin embargo, cuando estos valores fueron comparados en los testigo entre las tres variedades se observaron diferencias significativas ($F_{2, 46} = 3.97$, $P = 0.026$), en donde el valor más alto fue obtenido con la variedad CP0615 (359.5), seguida por la CPLE-7 (340.8) y CP-Jacona (332.0). El valor de Ci fue mayor en la primera evaluación (353) que en la segunda (335), independientemente de la variedad ($F_{2, 46} = 0.11$, $P = 0.894$).

No se observaron diferencias significativas en los valores de Ci entre los tratamientos con ácaros, en ninguno de los factores de variación considerados (variedad de planta, tratamiento o tiempo de evaluación), y tampoco hubo interacción significativa entre ellos ($P > 0.05$).

La media general de los valores de Ci para todos los tratamientos con ácaros combinados fue de 362. Tampoco se observaron diferencias significativas en los valores de gs en todas las comparaciones ($P > 0.05$). La media de los valores de gs para todos los tratamientos con ácaros combinados fue de $437 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

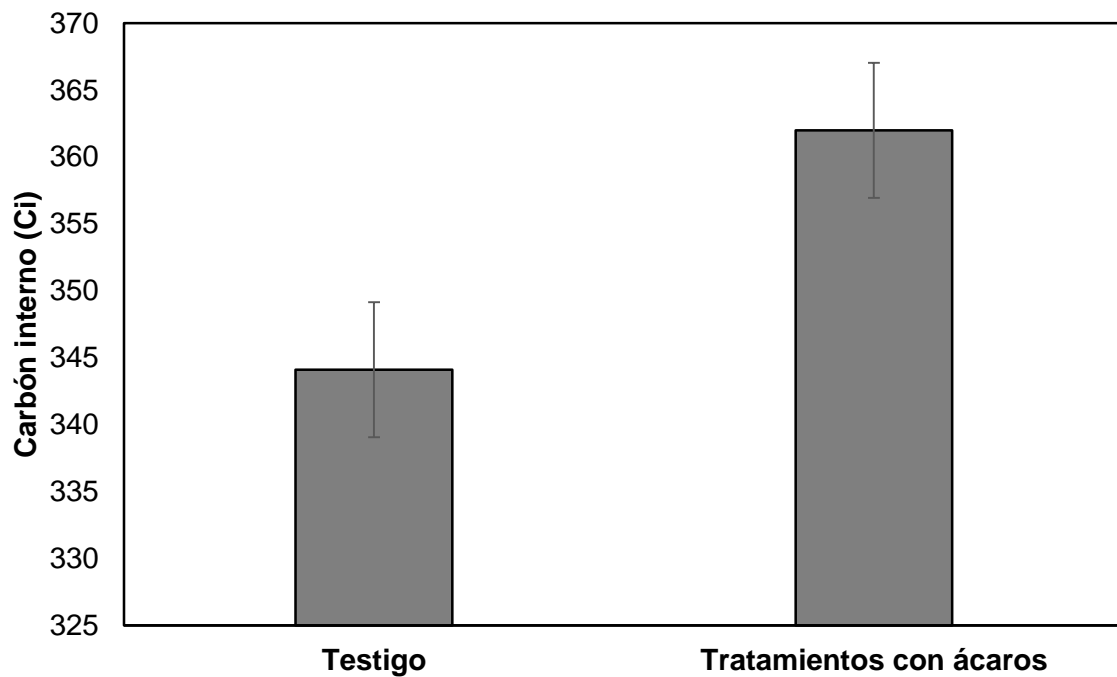


Figura 5. Valores de Ci observados en las plantas testigo (T1) y en las plantas inoculadas con ácaros (T2, T3, y T4).

5.1.3 Determinación del daño foliar

En el área total dañada por la alimentación de *T. urticae* se observaron diferencias significativas ($F_{2, 34} = 4.66$, $P = 0.016$) entre las plantas de las tres variedades; el mayor daño fue observado en la variedad CPJacona, seguida por CP0615 y CPLE-7. Esta variable tuvo además interacción significativa con los tiempos de evaluación y con el número inicial de ácaros inoculados ($F_{4, 34} = 2.96$, $P = 0.034$). En la variedad CPJacona, el área dañada fue mayor en la segunda evaluación, excepto en el tratamiento T2 (5 ácaros, en donde la mayor área dañada se observó en la primera evaluación); en contraste, en la variedad CPLE-7 la mayor área dañada se observó en la primera evaluación, en el tratamiento T4 (15 ácaros), cuando finalmente, en la variedad CP0615, la mayor área dañada fue observada en la segunda evaluación en todos los tratamientos (Figura 6).

5.1.4 Determinación de los parámetros poblacionales de *T. urticae*

5.1.4.1 Duración de los estados de desarrollo

No se observaron diferencias significativas en la duración de los diferentes estados de desarrollo (huevo, larva, protoninfa y deutoninfa) de *T. urticae* entre las tres variedades de fresa estudiadas ($P > 0.05$); en cambio, en el estado de larva hubo diferencias entre variedades, ya que su duración fue de 28.2 h en la

variedad CPLE-7, comparado con las variedades CP0615 y CPJacona, los cuales tuvieron una duración de 43.2 y 44.4 h, respectivamente (Figura 7).

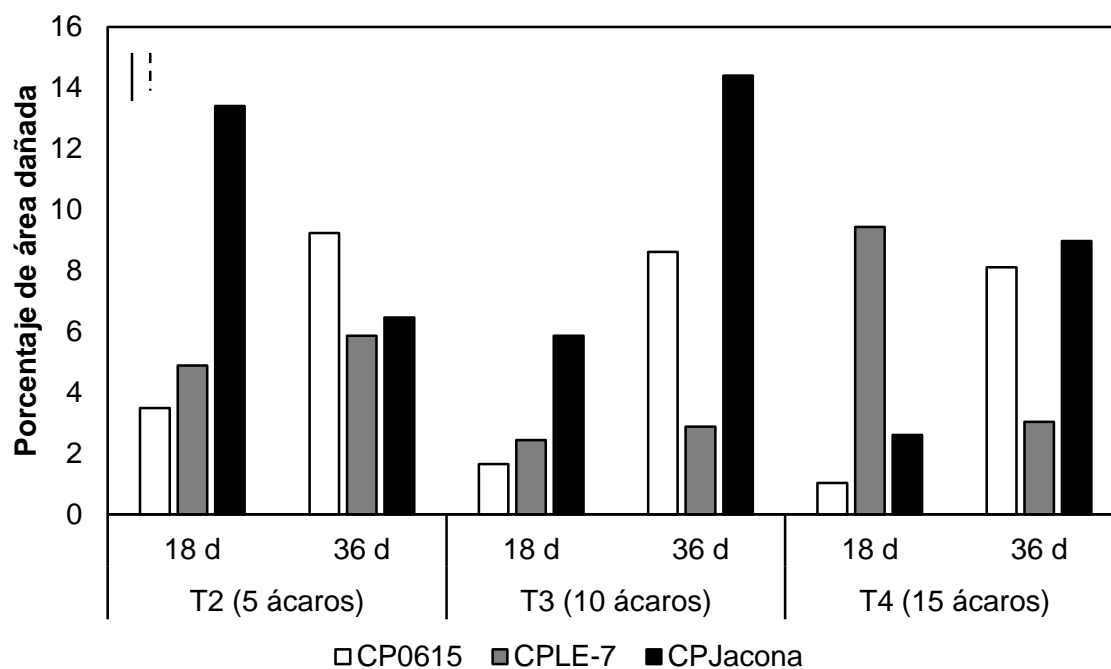


Figura 6. Porcentaje de área foliar dañada por *T. urticae* en las tres variedades de fresa. La línea punteada [error estándar de la media (EEM)] es para comparación entre tiempos de evaluación (1.112, 34 g.l.). La línea continua representa el EEM para las demás comparaciones (1.362, 34 g.l.).

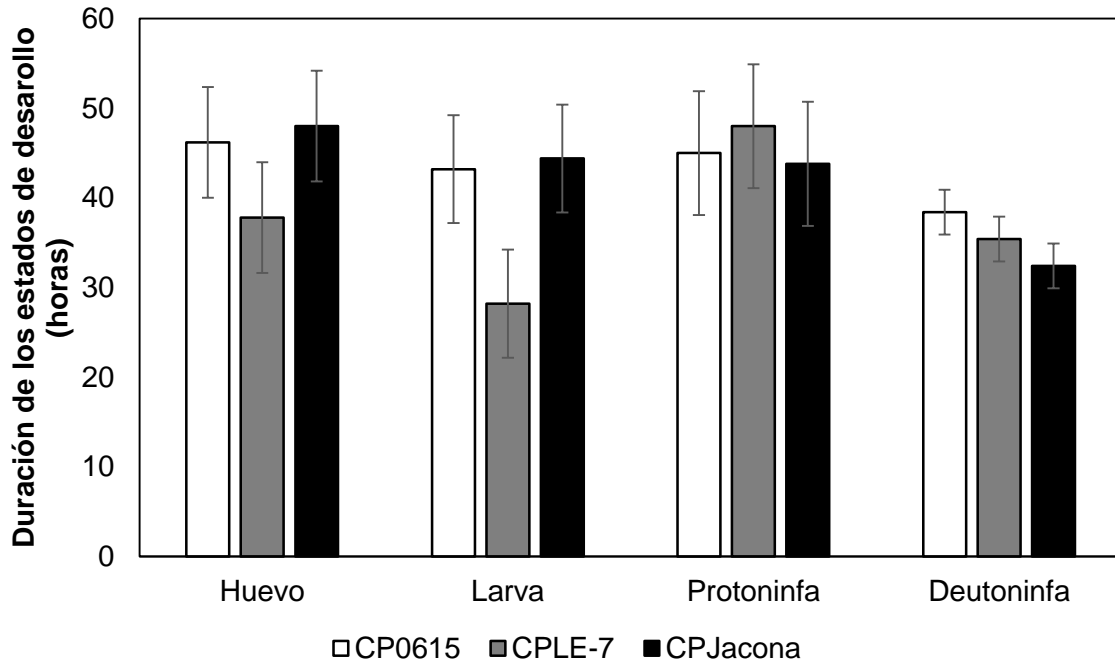


Figura 7. Duración en horas de cada estado de desarrollo de *T. urticae* en las tres variedades de fresa. Las barras de error representan $\pm 1 \times$ error estándar de diferencias de las medias (EEDM) (gl=18).

5.1.4.2 Supervivencia

El número promedio de huevos depositados por las hembras fue similar en cada variedad ($F_{2, 24} = 1.91$, $P = 0.170$), con una media de 37.6 huevos por hembra. Sin embargo, se observaron diferencias significativas en la proporción de huevos que alcanzaron el estado adulto en cada variedad ($F_{2, 24} = 6.24$, $P = 0.007$). La proporción más baja de huevos que alcanzaron el estado adulto fue en la variedad CPLE-7, seguida por CPJacona y CP0615 (Figura 8).

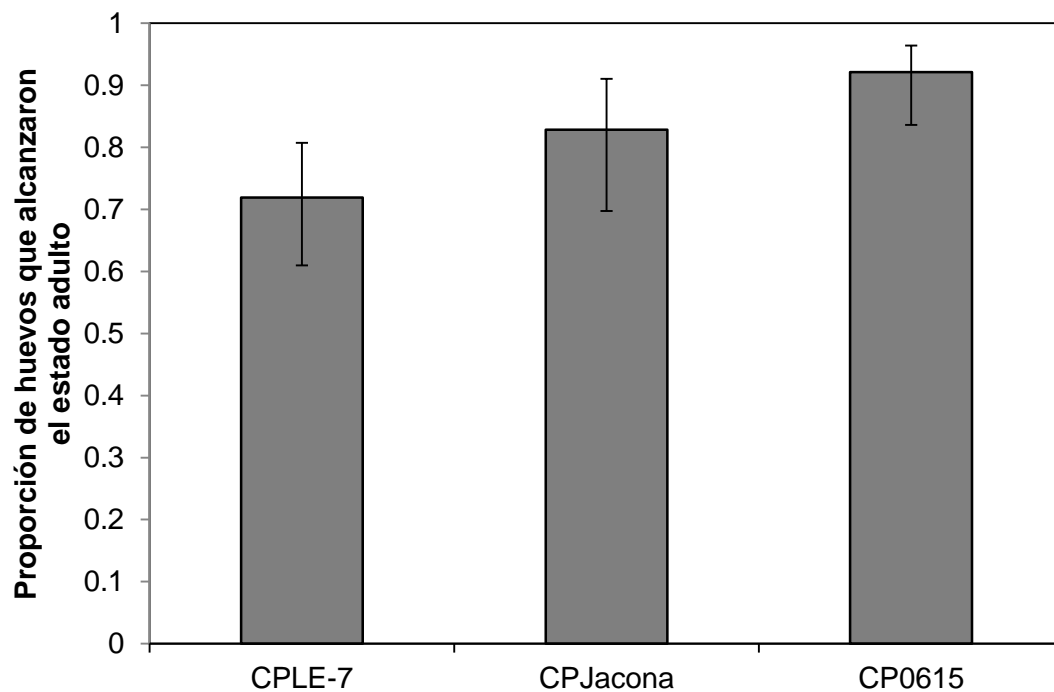


Figura 8. Proporción de huevos que alcanzaron el estado adulto en las tres variedades de fresa. Las barras de error representan intervalos de confianza (95%) transformadas de la escala logística.

5.1.5 Determinación del tipo y densidad de tricomas

No se observaron diferencias significativas en el número de tricomas cuando se compararon entre las tres variedades ($F_{2, 40} = 1.19, P = 0.315$). Pero hubo diferencia significativa en el número de tricomas entre las hojas de edad intermedia y las hojas maduras ($F_{1, 40} = 22.23, P > 0.001$), con el mayor número de tricomas en las hojas intermedias que en las hojas maduras (Figura 9).

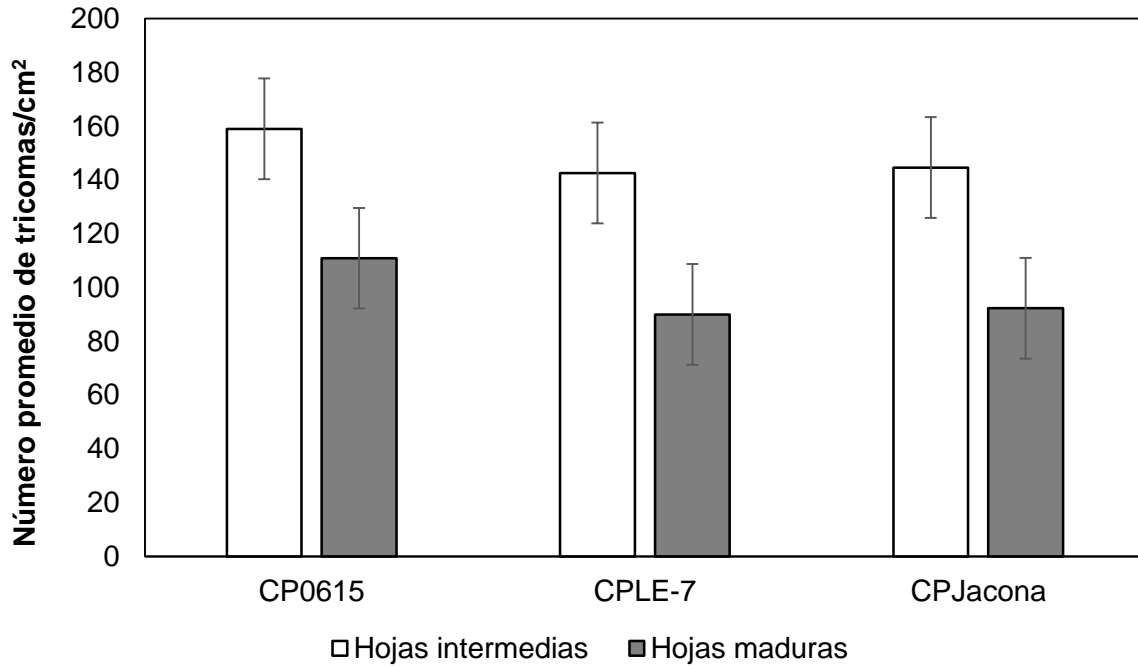


Figura 9. Número promedio de tricomas por cm² en hojas intermedias y maduras de tres variedades de fresa. Las barras de error representan ± 1 x error estándar de diferencias de las medias (EEDM) (gl=40).

Dos tipos de tricomas fueron observados en las tres variedades de fresa estudiadas, los glandulares capitados (Figura 10 a, c y e) que se originan de las células de la epidermis foliar, y los tricomas glandulares simples (Figura 10 b, d y f) localizados principalmente cerca de las nervaduras foliares.

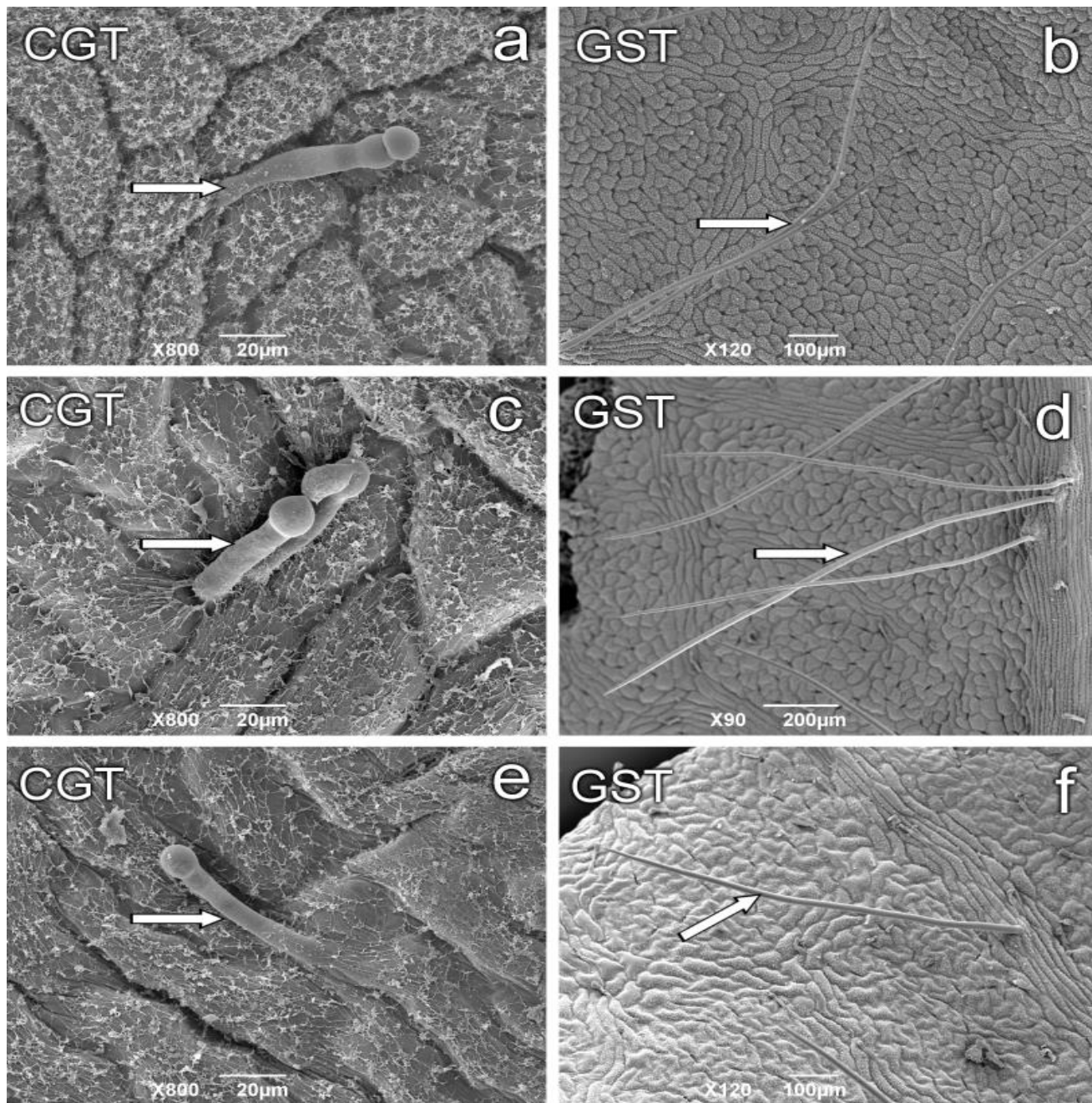


Figura 10. Tipos de tricomas observados en tres variedades de fresa. a) y b) variedad CPLE-7; c) y d) variedad CPJacona; e) y f) variedad CP0615. CGT = Tricoma glandular capitado, GST = Tricoma glandular simple, por sus siglas en inglés.

6. DISCUSIÓN

El ácaro de dos manchas *Tetranychus urticae* es la plaga principal del cultivo de fresa en las regiones productoras de México (Villegas *et al.*, 2010; León *et al.*, 2014). En Guanajuato, por ejemplo, los productores gastan anualmente aproximadamente \$US 9,500 para el control de este ácaro (León *et al.*, 2014), lo cual afecta la rentabilidad del cultivo de fresa. Otro factor importante que también incrementa los costos de producción del cultivo es la dependencia de los agricultores por la planta madre, la cual generalmente es importada de EE. UU. (Dávalos, 2011).

Por estos motivos, es importante el desarrollo de variedades mexicanas de fresa que ayuden a reducir los costos de producción y que además sean tolerantes a plagas y enfermedades, en este caso a *T. urticae*. Actualmente, en el programa de Fruticultura del Colegio de Postgraduados se están desarrollando nuevas variedades mexicanas de fresa que puedan cumplir con los parámetros internacionales de calidad del fruto (Martínez-Bolaños *et al.*, 2008).

Como parte del desarrollo de esas variedades, en este trabajo se propuso estudiar la tolerancia de tres variedades mexicanas de fresa (CPJacona, CPLE-07 y CP0615) al daño causado por la alimentación de *T. urticae*, considerando el área foliar dañada y la actividad fotosintética, los niveles de CO₂ interno en la hoja y la conductancia estomática.

Así mismo, se evaluó el efecto de estas variedades en la biología y desarrollo de *T. urticae*, con el objetivo de sugerir si una de estas variedades pudiera ayudar a minimizar los daños por esta plaga y reducir el uso de acaricidas para su control.

Al comparar la densidad poblacional final de ácaros se observó que ésta fue diferente entre las variedades, con la mayor población en la variedad CP0615, seguida por la CPLE-7 y CPJacona. Interesantemente, en la variedad CPLE-7 es en la que se observó la menor área dañada, a pesar de que en ésta no se encontró la densidad poblacional más baja, lo que sugiere que esta variedad puede ser tolerante al daño foliar causado por *T. urticae*.

La digitalización de las hojas de fresa por medio del software Image ToolR versión 3.0 permitió demostrar que el daño foliar fue significativamente diferente en las dos fechas de evaluación realizadas en las tres variedades de fresa; lo que coincide con estudios realizados por medio de otro software que permite obtener resultados sobre el daño ocasionado por ácaros como *Tetranychus urticae* (Skaloudova *et al.* 2006). Estas mediciones fueron muy precisas para identificar el área que daña *T. urticae* cuando se alimenta de las hojas, lo que revela de una manera muy general, la relación positiva entre el área foliar dañada y el tiempo que *T. urticae* tuvo para establecerse en las plantas (18 y 36 días), así como con el número de ácaros que se inocularon al inicio del experimento (5, 10 y 15 individuos). Para esta especie de ácaro se han reportado resultados similares cuando se alimenta de hojas de menta (*Mentha piperita*) (Deangelis *et al.*, 1982) y jitomate (*Lycopersicon esculentum*) (Kant *et al.*, 2004).

De manera general, la actividad fotosintética (A) en todas las variedades, fue similar entre el T1 (testigo) y los tratamientos con ácaros (T2, T3 y T4). Aunque en T1 de todas las variedades, el valor de A disminuyó a través del tiempo; es decir, fue menor en la segunda evaluación (36 días) que en la primera, esta reducción no fue observada entre los tratamientos con ácaros (T2, T3 y T4). No es claro el por qué no se observaron diferencias entre los tratamientos infestados con ácaros, pero tal vez se deba a que los ácaros no alcanzaron la densidad umbral necesaria para ejercer un efecto negativo en el valor de A. Una forma de lograrla sería inocular un número mayor de ácaros por hoja, como lo hicieron Klamkowski *et al.* (2006) quienes inocularon 10, 50 y 100 adultos por planta, que son cantidades más altas a las usadas en este trabajo (5, 10 y 15).

No obstante, coinciden con los resultados reportados por Bounfour *et al.* (2002), quienes también infestaron plantas de fresa con *T. urticae* y observaron que los niveles de fotosíntesis no eran afectados, por lo que los autores sugirieron que el daño que causa *T. urticae* al alimentarse del contenido celular de las hojas solo se restringía a la capa del mesófilo esponjoso y que hacía un daño mínimo a la capa del mesófilo en empalizada, que es donde contiene la mayor concentración de clorofila y hace la mayor actividad fotosintética (Sances *et al.*, 1981). De igual manera, no se observó que la alimentación de los ácaros afectará los valores de *Ci* y *gs*.

En cuanto a la duración de los estados de desarrollo de *T. urticae*, entre las tres variedades no se observaron diferencias significativas, excepto en el estado de larva cuya duración fue más corta en CPLE-7 que en las otras dos variedades de fresa.

Con respecto a la cantidad de huevos depositados por las hembras, ésta fue similar en todas las variedades; pero la proporción de los que llegaron al estado adulto sí fue afectada por la variedad de fresa, ya que el menor número de huevos que llegaron al estado adulto se observó en la variedad CPLE-7.

Los tipos de tricomas que se observaron en las tres variedades de fresa ya han sido previamente descritos (Steinite y Levinsh, 2003). Se ha reportado que existe una relación entre la supervivencia y ovipostura de *T. urticae* y la densidad de tricomas en plantas de fresa (Amil *et al.*, 2011), pero dicha relación no se detectó en nuestros resultados porque las tres variedades presentaron el mismo tipo y densidad de tricomas. El hecho de que el número de huevos que alcanzaron el estado adulto haya diferido entre variedades de fresa, sugiere que los tricomas no juegan un papel tan importante en la supervivencia y desarrollo de *T. urticae*.

7. CONCLUSIONES

El área foliar dañada que ocasiona *T. urticae* a la fresa está más relacionado con la duración en la que éstos se encuentra en la planta, comparada con la densidad inicial. La variedad con mayor tolerancia al daño fue CPLE-7.

Los indicadores fisiológicos (*A* y *g*) no se vieron afectados en las plantas de las tres variedades en donde se inocularon los ácaros; pero el valor de *Ci* fue afectado de manera similar en las tres variedades por la presencia de éstos.

La densidad poblacional final de *T. urticae* fue menor en la variedad CPLE-7.

La duración de los estados de desarrollo de *T. urticae* fueron similares en las tres variedades, excepto el estado de larva que fue mayor cuando los ácaros se desarrollaron en la variedad CPLE-7.

La proporción de huevos de *T. urticae* que alcanzaron la edad adulta fue menor en la variedad CPLE-7.

La densidad y morfología de los tricomas es similar en las tres variedades de fresa estudiadas.

Basados en nuestros resultados, se considera que la variedad CPLE-7 tiene el mayor potencial para ser utilizada a escala comercial en México.

8. LITERATURA CITADA

Afifi, A.A.M., El-Laithy, A.Y.M., Shehata, S., EL-Saiedy, E.M.A. 2010. Reistance of strawberry plants against the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). In: pp:505-507. M.W. Sabelis and J. Bruin (eds.). Trends in Acarology: Proceedings of the 12th International Congress.

Amil, R.F., Blanco, P.R., Muñoz, B.J., Caballero, J.L 2011. The strawberry plant defense mechanism: a molecular review. *Plant Cell Physiology* 52 (11): 1873-1903.

Baker, E.W., Tuttle, D.M 1994. A guide to the spider mites (Tetranychidae) of the United States. Indira Publishing House. West Bloomfield, USA.

Barrera, C.G., Sánchez, B.C. 2003. Caracterización de la cadena agroalimentaria/agroindustrial nacional, identificación de sus demandas tecnológicas: Fresa. Morelia, Michoacán, México. INIFAP. 79 p.

Blanke, M. 2002. Photosynthesis of strawberry fruit. *Acta Horticulturae* 567: 373-375.

Bolland, H.R., Gutierrez, J., Flechtmann, C.H.W. 1998. World catalogue of the spider mite family (Acari: Tetranychidae). Leiden, Netherlands: Brill Academic Publishers.

Boris, H. 2012. Commodity strawberry profile. Agricultural Marketing Resource Center. USDA.

Bounfour, M., Tanigoshi L.K., Chen C., Cameron, S.J., Klauer, S. 2002. Chlorophyll content and chlorophyll fluorescence in red raspberry leaves infested with *Tetranychus urticae* and *Eotetranychus carpini borealis* (Acari: Tetranychidae). *Environmental Entomology* 31: 215-220

Cabrera, O., Otero, C.B., Domínguez, R.B., Delgado, B.M.I., Rodríguez, A.J. 1996. Rendimiento de la fresa (*Fragaria x ananassa*) con varias densidades de *Tetranychus urticae* en invernadero. *Agrociencia* 30: 91-101

Campbell, R.J., Grayson, R.L., Marini, R.P. 1990. Surface and ultrastructural feeding injury to strawberry leaves by the twospotted spider mite. *Horticultural Science* 25(8): 948-951

Corelli, G.L., Lakso, A.N. 2004. Fruit development in deciduous tree crops as affected by physiological factors and environmental conditions. *Acta Horticulturae* 636:425-441

Dávalos G.P.A, Aguilar, G.R., Jofre, A.E.G, Hernández, A.R.R., Vázquez, M.N.S. 2011. Tecnología para sembrar viveros de fresa. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. ISBN:978-607-425-615-4

Deangelis, J.D., Larson, K.C., Berry, R.E., Krantz, G.W. 1982. Effects of spider mite injury on transpiration and leaf water status in peppermint. *Environmental Entomology* 11:975-978.

Denmark, H.A. 2014. Cyclamen Mite, *Phytonemus pallidus* (Banks) (Arachnida: Acari: Tarsonemidae). Series of the Entomology and Nematology Department. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.

Dermauw, W., Wybouw, N., Rombauts, S., Menten, B., Vonst, J., Grbic, M., Clark, R.M., Feyereisen, R., Van Leeuwen, T. 2013. A link between host plant adaptation and pesticide resistance in the polyphagous spider mite *Tetranychus urticae*. Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America 110(2): 113-22.

Diario Oficial. 2010. Aviso por el que se da a conocer información relativa a solicitudes de Títulos de Obtentor de Variedades Vegetales. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Lunes 23 de mayo de 2010. Primera Sección.

Días, J.P.T., Fiho, J.D., Carmo, E.L., Somoos, J.C., Pádua, J.G. 2012. Population fluctuation of spider mite *Tetranychus urticae* in different production systems os strawberry. Acta Horticulturae 926:625-630

Endersby, N.M., Morgan, W.C. 1991. Alternatives to synthetic chemical insecticides for use in crucifer crops. Biological Agriculture and Horticulture 8(1): 33-52.

FAO. 2014. Food and Agricultural Organization. 2014. FAO STAT. Fecha de Consulta: 26 de noviembre de 2014.

Freitas, B. De A., Oliveira, De F.B.R.C., Nabity, P.D., Higley, L.G., Aparecido, F.O. 2009. Photosynthetic response of soybean to twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) Injury. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 52(2): 825-834

Handley, R., Ekbom, B., Agren, J. 2005. Variation in trichome density and resistance against a specialist insect herbivore in natural populations of *Arabidopsis thaliana*. *Ecological Entomology* 30: 284–292.

Hernández, S.D., Garza, C., Guzmán, S.E. 2011. Journal globalization, competitiveness and governability 5(3):102-114

Kant, M.R., Ament, K., Sabelis, M. W., Haring, M. A., Schirruunk, R. C. 2004. Differential timing of spider mite-induced direct and indirect defenses in tomato plants. *Plant Physiology* 30:483-95

Khan, B.S., Afzal, M., Bashir, M.H. 2008. Effects of some morphological leaf characters of some vegetables with incidence of predatory mites of the genus *Agistemus* (Stifmaeidae: Acarina). *Pakistan Journal of Botany* 40(3): 1113-1119

Klamkowski, K., Sekrecka, M., Fonyódi, H., Treder, W. 2006. Changes in the rate of gas Exchange, water consumption and growth in strawberry plants infested with the two-spotted spider mite. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 14:155-162

León, L.L., Guzmán, O.D.L.A., García, B.J.A., Chávez, M.C.G., Peña, C.J.J. 2014. Consideraciones para mejorar la competitividad de la región “El Bajío” en la producción nacional de fresa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(4): 673-686

López, A.J.M., Urbina, S., Castellá, G., Estrada, J.F., Cotero, M.A. 2012. Large plot demonstrations for methyl bromide alternatives on strawberry in Baja California, Mexico. *Acta Horticulturae* No. 926 pp. 415-422

Lola-Luz, D. 2003. Integrated Pest and Disease Control on Indoor and Outdoor Strawberry in Ireland. *Integrated Plant Protection in Orchards – Soft Fruits IOBC/wprs Bull* 26(2):19-21

Martínez-Bolaños, M., Nieto, A.D., Téliz, O.D., Rodríguez, A.J., Martínez, D.M.T., Vaquera, H.H., Carrillo, M.O. 2008. Comparación cualitativa de fresas (*Fragaria x ananassa* Duch.) de cultivares mexicanos y estadounidenses. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14(2): 113-119

Miyazaki J., Stiller W.N., Truong T.T., Xu Q., Hocart CH., Wilson L.J., Wilson L.I. 2014. Jasmonic acid is associated with resistance to twospotted spider mites in diploid cotton (*Gossypium arboreum*). *Functional Plant Biology* 41(7) 748-757

Nyoike, T.W., Liburd, O.E. 2013. Effect of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), on marketable yields of field-grown strawberries in north-central Florida. *Journal of Economic Entomology* 106(4):1757-1766

Payne, R.W., Harding, S.A., Murray, D.A., Soutar, D.M., Baird, D.B., Welham, S.J., Kane, A.F., Gilmour, A.R., Thompson, R., Webster, R., Tunnicliffe, W.G. 2005. GenStat Release 8 reference manual. VSN International, Hemel Hempstead

Peralta, C.O., Tello, M.V. 2011. Tabla de vida de *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Tetranychidae) sobre tres variedades de melón, *Cucumis melo*. Revista Colombiana de Entomología, 37(1): 21-26

Rondon, S.I., Price, J.F., Cantliffe, D.J. 2005. Strawberries: Main Pests and Beneficials in Florida. Series of the Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.

SAGARPA. 2010. Aviso por el que se da a conocer información relativa a solicitudes de Títulos de Obtentor de Variedades Vegetales. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Diario Oficial de la Federación. Lunes 23 de mayo de 2010. Primera Sección

Sances, F.V., Wyman, J.A., Ting, I.P., Van Steenwyk, R.A., Oatman, E.R. 1981. Spider Mite Interactions with Photosynthesis, Transpiration and Productivity of Strawberry. Environmental Entomology 10(4): 442-448

Sánchez, R.G., 2008. La red de valor fresa: Sistema de inteligencia de mercados. Fundación Produce Michoacán, 145p.

Santoyo, J.J.A., Martínez A.C.O. 2010. Paquete tecnológico para la producción de fresa. Fundación Produce Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, México.

SIACOM. 2010. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). Fecha de Consulta: 26 de Noviembre de 2014.

Skaloudova, B., Krivan B., Zemek R. 2006. Computer-assisted estimation of leaf damage caused by spider mites. *Computers and Electronics in Agriculture* 53:81–91.

Steinite, I., Levinsh, G. 2003. Possible role of trichomes in resistance of strawberry cultivars against spider mite. *Acta Universitatis Latviensis* 662:59-65

Vázquez, G.A., López, A.J.M. 2008. Alternativas químicas al uso de bromuro de metilo en el cultivo de fresa.

Villegas, E.S.E., Rodríguez, M.J.C., Anaya, R.S., Sánchez, A.H., Hernández, M.J., Bujanos, M.R. 2010. Resistencia a acaricidas en *Tetranychus urticae* (Koch) asociada al cultivo de fresa en Zamora, Michoacán, México. *Agrociencia* 44:75-81

Walters, D.S., Craig, R., Mumma, R.O. 1990. Effects of mite resistance mechanism of geraniums on mortality and behavior of foxglove aphid (*Acyrtosiphon solani* Kalténbach). *Journal of Chemical Ecology* 16(3): 877-886

War, A.R., Paulraj, M.G., Ahmad, T., Buhroo, A.A., Hussain B., Ignacimuthu S., Sharma HC. 2012. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. *Plant Signaling and Behavior* 7(10): 1306-1320

Wilcox, D.S., Dove, B.W., McDavid, D., Greer, D.B. 2002. UTHSCSA ImageTool Version 3.0. Austin: Univ. of Texas.

Zafer, M.A., Flore, J.A. 2012. Determination of physical damage thresholds of strawberry leaves (*Fragaria x ananassa* cv. Honeoye). *Journal of Food Agricultural and Environment* 10(1): 376-380.

Zarazúa, E.J.A., Almaguer, V.G., Márquez, B.S.R. 2011. Redes de innovación en el sistema productivo fresa en Zamora, Michoacán. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17(1): 51-60