



Enseñar la explotación de la tierra,
no la del hombre

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
INSTITUTO DE HORTICULTURA

INCIDENCIA DE ÁCAROS FITÓFAGOS EN FRAMBUESA ROJA (*Rubus idaeus* L.) CV. AUTUMN BLISS EN RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN FOLIAR

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA



PRESENTA:
SAMANTHA JAZMÍN ROBLEDO ESQUEDA

DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES

BAJO LA DIRECCIÓN DE: **DR. EDILBERTO AVITIA GARCÍA**



Chapingo, Estado de México, junio 2018

INCIDENCIA DE ÁCAROS FITÓFAGOS EN FRAMBUESA ROJA (*Rubus idaeus* L.) CV. AUTUMN BLISS EN RESPUESTA A LA FERTILIZACION FOLIAR

Tesis realizada por Samantha Jazmín Robledo Esqueda, bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR: 

Dr. Edilberto Avitia García

ASESOR: 

Dra. Ana María Castillo González

ASESOR: 

M.C. Ma. del Carmen Sánchez Gálvez

CHAPINGO, MÉXICO, JUNIO, 2018

BIOGRAFÍA DEL AUTOR

La autora de la presente tesis, Ingeniero Agrónomo Samantha Jazmín Robledo Esqueda, nació un 17 de Julio de 1989 en el Municipio de Texcoco, Edo. de México. En 2004 ingresa a la Universidad Autónoma Chapingo para estudiar la Preparatoria Agrícola y del 2008 al 2012 cursar la especialidad de Parasitología Agrícola. Prestó servicio social a productores de jitomate en San pedro del Rosal, municipio de Atlacomulco Edo. de México y posteriormente realizó sus prácticas profesionales en la empresa de exportación de papayas, Chulavista papayas S.A de C.V, en el municipio de Tecomán Estado de Colima, donde realizó actividades relacionadas con el monitoreo de plagas y enfermedades en el cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por haberme otorgado la beca que hizo posible lograr un grado más en mi formación profesional.

A la Universidad Autónoma Chapingo especialmente al Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia por darme la oportunidad de realizar mis estudios de posgrado.

A Dios.

A mis profesores les agradezco por transmitirme generosamente sus conocimientos que han contribuido a lo que soy ahora personal y profesionalmente.

Al Dr. Edilberto Avitia García, por su paciencia, asesoría, correcciones y contribuciones para realizar esta investigación.

A la Dra. Ana María Castillo González por su gran lección de vida, su tiempo invertido y sus asertivas observaciones.

A la M.C. Ma. Del Carmen Sánchez Gálvez por su profesionalismo, su guía oportuna, por siempre apoyarme, por poner a mi disposición sus conocimientos desinteresadamente y sobre todo por su amistad, la cual valoro y albergo como un tesoro.

A la M.C. Ericka Magdalena Robledo Esqueda porque sin ella no hubiera culminado este proyecto.

Al Ing. Felipe de Jesús Muñiz Chavelas por abrirme las puertas de esta etapa de mi vida académica.

Al personal técnico del Laboratorio de Anatomía de frutales (Ángela), Laboratorio de Acarología (Lupita) por sus conocimientos de técnicas y su habilidad para transmitirlas, su amistad y su apoyo.

Al Dr. Jorge Manuel Valdés Carrasco del Colegio de Posgraduados por su asesoría en el trabajo de microfotografía.

A todas las personas que se vieron involucradas durante el desarrollo de este proyecto y me apoyaron de alguna manera a hacer más sencillo mi trabajo.

Dedicatoria

A mi amado hijo Josué Alonso Santiago Robledo, te amo con todo mi ser, pequeño, eres mi motivación día a día.

A mi Noé, sabes que esta etapa de mi vida ha sido muy espinosa, te dedico esto con todo el amor que te tengo, has sido una pieza muy importante en este trabajo sobre todo en esta última etapa, ¡te aplicaste! Gracias, te amo.

A mis padres Martha Esqueda Ortega y José E. Robledo Esqueda por todo su amor, sus consejos, su apoyo, por mantener las puertas de su casa y su corazón siempre abiertos para mí y mi familia, ¡gracias!.

A mis hermanos Nayeli, Ericka, José, Tania, gracias por cuidar siempre de mí, son mi soporte, mis mejores amigos, mis confidentes, agradezco haber nacido en esta hermosa familia.

A mis hermosos sobrinos, Sara, Paula, Erick, Lucía, Ximena, Sophia, desde la más grande a la más chiquita me han ayudado desde que inicié este proyecto, desde la deshierbada, con algún cálculo en el que me atoré, hasta un abrazo y beso oportuno, las amo mis niñas y mi niño.

A mis amigas Mariana, Arely, Edith, son mis hermanas de diferentes papás, las quiero muchísimo.

A mis amigos, Jorge Arturo, Eduilkar, Efrén, Guillermo, Darío, Nora, Natalia, gracias por su respaldo, ayuda oportuna y por compartir conmigo su amistad.

Gracias.

Samantha Robledo

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	3
LISTA DE FIGURAS	5
GENERAL ABSTRACT	7
1. REVISIÓN DE LITERATURA	10
1.1. Situación Mundial de la frambuesa.....	10
1.2. Insectos y Ácaros que atacan a la frambuesa.....	11
1.3. Descripción de los ácaros	12
1.4. Daños producidos por los ácaros	14
1.5. Ciclo de vida de los ácaros	15
1.6. Control de los ácaros	15
1.7. Fertilización y Resistencia de las Plantas a Insectos Plaga.....	15
1.8. Nutrición foliar y defensa natural.....	16
1.8.1. Nitrógeno.....	18
1.8.2. Calcio.....	19
1.8.3. Silicio	20
1.9. Antagonismos y sinergismos de los elementos.....	22
1.10. Anatomía de la hoja	26
2. EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR CON Ca, N Y Si EN EL CONTROL DE ÁCAROS EN FRAMBUESA ROJA EN CAMPO ABIERTO.....	27
2.1. Resumen.....	27
2.2. Abstract	28
2.3. Introducción	30
2.4. Materiales y métodos.....	31
2.5. Resultados y discusión	36
2.6. Conclusiones.....	43
2.7. Literatura citada	43
3. EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR EN EL CONTROL DE ÁCAROS EN FRAMBUESA ROJA (<i>Rubus idaeus</i> L.) 'AUTUMN BLISS' CULTIVADA EN INVERNADERO	52
3.1. Resumen.....	52

3.2. Introducción.....	54
3.3. Materiales y métodos.....	56
3.4. Resultados y discusión.....	63
3.5. Conclusiones.....	83
3.6. Literatura citada.....	84

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1. Rangos de referencia para los nutrientos en el análisis foliar en frambueso (Hirzel, 2009)	25
Cuadro 2.1. Características físicas y químicas del suelo del Campo Agrícola Experimental “San Martín”. Chapingo, Méx.	32
Cuadro 2.2. Fertilidad del suelo del Campo Agrícola Experimental. “San Martín”. Chapingo, Méx.....	33
Cuadro 2.3. Tratamientos aplicados foliarmente en el cultivo de frambuesa roja cv. Autumn Bliss y fuentes empleadas	34
Cuadro 2.4. Aportación nutrimental total en cada tratamiento.....	35
Cuadro 2.5. Temperaturas promedio, máximas y mínimas mensuales; así como la precipitación mensual durante 2016; periodo en el cual estuvieron creciendo las plantas de frambuesa roja cv. Autumn Bliss en el Campo Agrícola Experimental “San Martín”. Chapingo, Méx.....	37
Cuadro 2.6. Concentración foliar de macronutrientos para diferentes tratamientos de fertilización foliar en plantas de frambuesa roja ‘Autumn Bliss’ creciendo en condiciones de campo. Chapingo, Méx.	39
Cuadro 2.7. Concentración foliar de micronutrientos para diferentes tratamientos de fertilización foliar en plantas de frambuesa roja ‘Autumn Bliss’ creciendo en condiciones de campo. Chapingo, Méx.	41
Cuadro 3.1. Características físicas y químicas del suelo orgánico utilizado para el llenado de bolsas en donde se establecieron las plantas de frambuesa roja ‘Autumn Bliss’.	57
Cuadro 3.2. Fertilidad del suelo orgánico utilizado para el llenado de bolsas en donde se establecieron las plantas de frambuesa roja ‘Autumn Bliss’.	57
Cuadro 3.3. Tratamientos aplicados foliarmente en el cultivo de frambuesa roja cv. Autumn Bliss y fuentes empleadas	58
Cuadro 3.4. Aportación nutrimental total por cada tratamiento.....	59
Cuadro 3.5. Medición de altura y diámetro en planta de frambuesa roja cv. Autumn Bliss en diversos tratamientos nutrimetales.....	64

Cuadro 3.6. Concentración foliar de macronutrientos para diferentes tratamientos de fertilización foliar en plantas de frambuesa roja ‘Autumn Bliss’ creciendo en condiciones de invernadero.....	67
Cuadro 3.7. Concentración foliar de micronutrientos para diferentes tratamientos de fertilización foliar en plantas de frambuesa roja ‘Autumn Bliss’ creciendo en condiciones de campo.....	68
Cuadro 3.8. Número promedio de ácaros a 30 días después del trasplante, contabilizados en una superficie de 10 mm de diámetro en hojas basal, media y apical de brotes de frambuesa roja ‘Autumn Bliss’.....	73
Cuadro 3.9. Número promedio de ácaros a 45 días después del trasplante, contabilizados en una superficie de 10 mm de diámetro en hojas basal, media y apical de brotes de frambuesa roja ‘Autumn Bliss’.....	73
Cuadro 3.10. Número promedio de ácaros a 60 días después del trasplante, contabilizados en una superficie de 10 mm de diámetro en hojas basal, media y apical de brotes de frambuesa roja ‘Autumn Bliss’.....	74
Cuadro 3.11. Número promedio de ácaros a 75 días después del trasplante, contabilizados en una superficie de 10 mm de diámetro en hojas basal, media y apical de brotes de frambuesa roja ‘Autumn Bliss’.....	74
Cuadro 3.12. Número promedio de ácaros a 90 días después del trasplante, contabilizados en una superficie de 10 mm de diámetro en hojas basal, media y apical de brotes de frambuesa roja ‘Autumn Bliss’.....	75
Cuadro 3.13. Número promedio de ácaros a 105 días después del trasplante, contabilizados en una superficie de 10 mm de diámetro en hojas basal, media y apical de brotes de frambuesa roja ‘Autumn Bliss’.....	75
Cuadro 3.14. Número promedio de ácaros a 120 días después del trasplante, contabilizados en una superficie de 10 mm de diámetro en hojas basal, media y apical de brotes de frambuesa roja ‘Autumn Bliss’.....	76
Cuadro 3.15. Grosor de hojas de frambuesa roja cv. Autumn Bliss obtenidas por cada tratamiento.....	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1. Fotografías y esquemas de las características morfológicas del ácaro <i>Tetranychus urticae</i> , observadas en posición dorsal. En fotografía y esquema A: (a) quelíceros, (b) peritrema. En fotografía y esquema B: (c) setas dobles en tarsos I. En fotografía y esquema C: (d) onicotríquias.	70
Figura 3.2 Características morfológicas de <i>Tetranychus urticae</i> , observadas en posición ventral. En fotografía y esquema A: (d') histerosoma con forma de diamante entre las setas dorsocentrales d3 y d4. En fotografía y esquema B: (e) par de setas para-anales. En fotografía y esquema C se observa el macho donde: (f) edeago.....	71
Figura 3.3 Corte longitudinal de hoja de frambuesa cv. Autumm Bliss (A y B) y nervadura central (C y D). En donde se observan: el parénquima esponjoso (pe); parénquima en empalizada (pem); epidermis (ep); tricomas (tr); drusas (dr) y colénquima (co).	79
Figura 3.4. Corte longitudinal de hoja de frambuesa cv. Autumm Bliss (E, G, e I) y nervadura central (F, H y J). En donde se observan el parénquima esponjoso (pe), parénquima en empalizada (pem), epidermis (ep), tricomas (tr), drusas (dr) y colénquima (co).....	81

RESUMEN GENERAL

En las últimas dos décadas las frambuesas se han vuelto uno de los frutos más consumidos a nivel mundial, como fruto fresco y procesado. Una de las plagas de mayor impacto a la que se enfrenta el cultivo es la araña roja. Por ello los objetivos generales de la presente investigación son: 1) Evaluar la concentración de macronutrientos y micronutrientos presentes en la hoja de frambuesa roja 'Autumn Bliss' al aplicar Nitrato de Calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, Silicato de Potasio (K_2SiO_3), la combinación de ambos y Urea foliar (CON_2H_4) y su efecto en la incidencia de ácaros. 2) Identificar la especie de ácaro fitófago que se encuentre en el cultivo de frambuesa 'Autumn Bliss' y 3) Evaluar la influencia de las fertilizaciones foliares sobre la estructura de las hojas de la frambuesa roja 'Autumn Bliss'. Los tratamientos aplicados fueron $3000 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ de Ca, $1000 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ de Si, $3000 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ de Ca + $1000 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ de Si, $400 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ de N y un testigo (sólo agua); usando como fuentes Nitrato de Calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), Silicato de Potasio (K_2SiO_3) y Urea foliar (CON_2H_4). Por las condiciones ambientales que se presentaron en campo durante la evaluación no se encontraron incidencias de ácaros; sin embargo, si se observó incidencia en el experimento en invernadero. El ácaro identificado fue *Tetranychus urticae* Koch. causante de deformación prematura, amarillamiento y perdida de hojas en la frambuesa roja cv. Autumn Bliss. Desde hace más de un siglo se han reportan efectos benéficos de los nutrientes contra plagas y enfermedades en diferentes plantas, sin embargo hay poca información que relaciona el acaro con niveles adecuados de concentración nutrimental, en este trabajo se observó, que los tratamientos de Ca y Ca+Si, si tuvieron un efecto directo sobre la población del ácaro.

Palabras clave: ácaros, frambuesa roja, nutrientes

GENERAL ABSTRACT

In the last two decades, raspberries have become one of the most consumed fruits worldwide, as fresh and processed fruit. One of the pests with the greatest impact facing this crop is the red spider. Therefore, the general objectives of the present investigation are: 1) Evaluate the concentration of macronutrients and micronutrients present in the leaf of the red raspberry 'Autumn Bliss' when applying Calcium Nitrate ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), Potassium Silicate (K_2SiO_3), the combination of both of them and foliar Urea (CON_2H_4) and their effect on the incidence of mites. 2) Identificate the phytophagous mite species found in the cv 'Autumn Bliss' red raspberry and 3) Evaluate the influence of foliar fertilizations on the structure of the leaves of the red raspberry 'Autumn Bliss'. The treatments applied were $3000 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ of Ca, $1000 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ of Si, $3000 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ of Ca + $1000 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ of Si, $400 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ of N and a witness (only water); using as sources Calcium Nitrate ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), Potassium Silicate (K_2SiO_3), and Foliar Urea (CON_2H_4). Because of the environmental conditions that were presented in the field during the evaluation, no incidences of mites were found; however, was observed incidence in the greenhouse experiment. The identified mite was *Tetranychus urticae* Koch. causing premature deformation, yellowing and loss of leaves in the red raspberry cv. Autumn Bliss. For more than a century have been reported beneficial effects of nutrients against pests and diseases in different plants, however there is little information that relates the mite with adequate levels of nutritional concentration, in this work it was observed that the treatments of Ca and Ca + Si, had a direct effect on the mite infestation.

Keywords: mites, red raspberry, nutrients

INTRODUCCIÓN GENERAL

En las últimas dos décadas las frambuesas se han vuelto uno de los frutos más consumidos a nivel mundial, como fruto fresco y procesado (FAO, 2013). Se estima que el género *Rubus* contiene entre 700 y 750 especies, distribuidas en 12 géneros; sin embargo actualmente la frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) es la más importante comercialmente (Potter *et al.*, 2007).

Las frambuesas rojas han demostrado tener una fuerte capacidad antioxidante, debido en parte a sus altos niveles de antocianinas y otros compuestos fenólicos (Kafkas *et al.*, 2008). Sin embargo, dichos compuestos y su capacidad antioxidante pueden ser influenciados genética y ambientalmente (Anttonen y Karjalainen, 2005).

La frambuesa roja crece de manera silvestre en todas las regiones templadas del mundo y muchos de los cultivares más importantes comercialmente se han derivado de la selección de híbridos silvestres. El norte de Turquía es uno de los centros de germoplasma más importantes de dicha especie (Davis, 1982).

México posee condiciones climáticas y edafológicas para poder situarse como líder mundial en la producción de frutillas, tales como la frambuesa; que además de alcanzar elevados rendimientos su producción se obtiene en el periodo de octubre a enero, que es cuando se tienen precios más atractivos, ya que en el mercado estadounidense el kilogramo de esta fruta alcanza entre 10 y 15 dólares (Guzmán *et al.*, 2004).

La producción de frambuesa en México se duplicó de 35 mil 589 toneladas en 2014 a 73 mil 556 toneladas en 2016. Esta frutilla es producida en ocho entidades

federativas del país, Baja California, Colima, Ciudad de México, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán y Puebla (SAGARPA, 2017).

Los tres principales estados productores son Jalisco, Baja California y Michoacán; que en conjunto aportan el 99.8 % de la producción nacional. En 2016 Jalisco produjo 56 mil 13 toneladas; Baja California 9 mil 965 toneladas y Michoacán 7 mil 437 toneladas (SAGARPA, 2017).

En lo que se refiere a las exportaciones, la frambuesa fresca fue comercializada en 2016 a 17 destinos, lo que generó ingresos por 485 millones 369 mil dólares. La mayor parte de las compras fueron realizadas por Estados Unidos, Arabia Saudita, Reino Unido, Hong Kong y Canadá (SAGARPA, 2017).

Debido al aumento en la extensión del cultivo, así como a los cambios en las condiciones climáticas, los problemas de tipo fitosanitario se han incrementado o se tiene la presencia de nuevas especies de insectos, ácaros, enfermedades y malezas, pudiendo representar problemas en ciclos posteriores.

Una de las plagas de mayor impacto a la que se enfrenta el cultivo de frambuesa es la araña roja; son ácaros que producen manchas amarillentas en las hojas, pudrición de la polidrupa y muerte de la planta (Estrada, 2012).

En varios patosistemas se conoce que una nutrición balanceada de las plantas tiene efectos significativos sobre el control de plagas y enfermedades de los cultivos (Agrios, 2012).

Dada la importancia de la frambuesa roja y su alta rentabilidad, es importante conocer su resistencia al ataque de ácaros fitófagos. Por ello los objetivos generales de la presente investigación son: 1) Evaluar la concentración de macronutrientos y micronutrientos presentes en la hoja de frambuesa roja

‘Autumn Bliss’ al aplicar Nitrato de Calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, Silicato de Potasio (K_2SiO_3), la combinación de ambos y Urea foliar (CON_2H_4) y su efecto en la incidencia de ácaros. 2) Identificar la especie de ácaro fitófago que se encuentre en el cultivo de frambuesa ‘Autumn Bliss’ y 3) Evaluar la influencia de las fertilizaciones foliares sobre la estructura de las hojas de la frambuesa roja ‘Autumn Bliss’.

1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Situación Mundial de la frambuesa

La frambuesa es considerada la tercera frutilla más popular en Estados Unidos para el consumo fresco, después de la fresa y el arándano. En el mercado se pueden encontrar frambuesas rojas, negras, púrpura y amarillas. El consumo *per cápita* de frambuesa fresca en 2008 fue de 125 gramos, con 165 gramos adicionales en consumo de frambuesa congelada (Bascopé, 2012).

Estados Unidos es el tercer productor de frambuesa a nivel mundial, pero sólo produce el 15 % de su demanda interna. Sus importaciones promedian 4,500 a 6,300 toneladas por año; procedentes de Canadá en los meses de julio y agosto, y de México y Chile entre los meses de noviembre y mayo. En 2010 Estados Unidos importó 13,927 toneladas de frambuesa fresca proveniente de México, con un valor de 118 millones de dólares (USDA, 2011).

Entre las principales razones que explican el porqué del interés despertado hacia la frambuesa roja destacan las siguientes: elevada rentabilidad, rápido retorno desde el segundo año, uso intensivo de mano de obra (900 jornales por hectárea), versatilidad de los frutos para su consumo y grandes posibilidades de exportación.

A nivel internacional la frutilla de mayor producción y comercio es la frambuesa, siendo la participación de México prácticamente marginal; sin embargo, en la producción y comercio de zarzamora el país tiende a ganar presencia, toda vez que aporta cerca del 7 % de la producción mundial (FUMIAF, 2005).

1.2. Insectos y Ácaros que atacan a la frambuesa

La frambuesa es hospedera de diferentes especies de áfidos, como el áfido grande de la frambuesa (*Amphorophora agathonica* H.), el áfido pequeño de la frambuesa (*Aphis rubicola* O.) y el áfido enrollador de la hoja de frambuesa (*Amphorophora idaei* B.); los cuales son importantes vectores de cuatro virus principales de dicho cultivo. Estos áfidos al alimentarse de las hojas inyectan el virus en plantas sanas y causan que las hojas se doblen hacia abajo, aparezca un mosaico y se retrase el crecimiento, reduciendo así el rendimiento hasta en un 50 % (Funt *et al.*, 2004).

Otros insectos como el escarabajo japonés (*Popillia japonica* N.), frailecillos (*Macrodactylus sp.*) y el escarabajo verde de junio (*Cotinis nitida* L.) se alimentan de las hojas, los brotes o los frutos. Dichos insectos tienen una generación por año, por lo que los aerosoles químicos pueden ser necesarios durante la floración tardía antes de que abran las flores o durante la cosecha; donde se puede pronosticar que los insectos destruirán aproximadamente el 20 % de las hojas. Por lo que es necesario aplicar insecticidas más de una vez; sin embargo se recomienda evitar su uso durante la cosecha (Bushway *et al.*, 2008).

Las avispas de la frambuesa (*Monophadnoides geniculatus* H.) en estado larvario son gusanos espinosos de color verde pálido, las larvas jóvenes mastican los bordes de las hojas; mientras que las larvas más viejas mastican todo, excepto las nervaduras principales y secundarias, causando una apariencia esqueletizada; el daño puede ocasionar una pérdida considerable de rendimiento. Se produce una generación por año y se sugiere el control en la etapa previa a la floración, lo que también controlará el gusano de la fruta (Jennings, 1988).

Varias especies de ácaros tetraníquidos han sido reportadas dañando al género *Rubus* alrededor del mundo. Probablemente la especie más extendida es el ácaro de dos manchas (*Tetranychus urticae* K.), aunque las otras especies tienen hábitos de vida similares y causan síntomas semejantes. Estos ácaros son capaces de alimentarse, sobrevivir y reproducirse en cientos de especies de plantas cultivadas y silvestres. Los problemas de infestación de esta plaga son raros en frambuesas cultivadas en climas fríos, pero son muy comunes en climas cálidos y secos (Ellis *et al.*, 1991).

1.3. Descripción de los ácaros

Los ácaros de dos manchas son artrópodos que pertenecen a la familia Tetranychidae y parecen pequeñas arañas que tienen ocho patas cuando maduran. Miden aproximadamente 0.5 mm de largo cuando están completamente desarrollados, varían en color del paja al verde o rojo, con dos manchas más oscuras en la parte posterior de su cuerpo. Las hembras fértiles y las ninfas jóvenes hibernan en los pliegues de las hojas viejas que caen en el suelo, en las

grietas de los tallos o en las estacas de soporte. Los ácaros colonizan a la frambuesa a principios de primavera a medida que el follaje comienza a formarse, los huevecillos son depositados en el envés de las hojas, y conforme avanza la temporada las generaciones se desarrollan progresivamente y colonizan el nuevo follaje conforme va apareciendo (Doughty *et al.*, 1972).

El ácaro de dos manchas (*Tetranychus urticae* K.) es una plaga importante de la frambuesa roja, en la cual la alimentación prolongada de altas densidades puede causar defoliación prematura. Las lesiones de *Tetranychus urticae* a las frambuesas en Estados Unidos aumentó la susceptibilidad de los brotes en reposo a lesiones en los tejidos en temperaturas frías y también redujo las reservas de almidón y azúcar de las cañas en invierno (Doughty *et al.*, 1972). La cantidad de ácaros puede reducirse bajo condiciones de lluvia abundante o con aerosoles de inmersión bajo alta presión. Los enemigos naturales o depredadores incluyen ácaros, escarabajos y crisopas. Los acaricidas se aplican a medida que la población aumenta, si al monitorear el envés de la hoja se encuentran más de 10 ácaros se recomienda aplicar los aerosoles (Bushway *et al.*, 2008). Generalmente las poblaciones pueden ser controladas por acaricidas debido a que se presentan después de la cosecha; sin embargo, en años recientes la producción de cultivares de otoño como 'Heritage', 'Autumn Bliss' y 'Southland' ha incrementado el problema, especialmente para el mercado de exportación. Estos cultivares se cosechan durante 6 a 8 semanas de febrero a marzo, cuando las poblaciones del ácaro tienen mayor probabilidad de llegar a su punto máximo. Sin embargo, los acaricidas más efectivos no pueden aplicarse durante este período debido a que dejan residuos químicos inaceptables en la fruta (Charles *et al.*, 2012).

Además la mayoría de las frutillas dependen mayormente o se ven beneficiadas con la polinización por abejas, las cuales son muy susceptibles al daño por los insecticidas. Por lo tanto, es importante diseñar un sistema de manejo de plagas para proporcionar seguridad a los insectos polinizantes (Sharma y Abrol, 2005).

1.4. Daños producidos por los ácaros

El daño por ácaros es generalmente mayor durante la temporada calurosa y seca y en plantas bajo estrés. El primer síntoma en la superficie superior de la hoja es una apariencia delgada donde se ha eliminado la clorofila. El proceso de alimentación elimina la savia de las hojas, haciendo que se vuelvan gradualmente amarillas, plateadas o bronceadas (Jeppson *et al.*, 1975).

La telaraña generalmente está presente en la superficie inferior de las hojas. Las infestaciones severas pueden broncear las hojas o causar su caída prematura, el daño severo a los botones fructíferos puede reducir el rendimiento y la calidad del fruto. Cuando la alimentación se da en el tallo principal, reduce el potencial de cosecha para la siguiente temporada. El daño económico ocurre cuando las poblaciones de ácaros causan la defoliación prematura de las plantas, lo que reduce la resistencia al invierno. Las condiciones de polvo contribuyen a aumentar las poblaciones de ácaros. La aplicación temprana de pesticidas foliares, particularmente carbamatos y algunos insecticidas piretroides sintéticos, tiende a aumentar las poblaciones de ácaros, probablemente matando depredadores benéficos o estimulando a las hembras para poner más huevos (Jeppson *et al.*, 1975).

1.5. Ciclo de vida de los ácaros

El ácaro de dos manchas tiene de cuatro a seis generaciones al año. Los machos mueren en invierno después de fecundar a las hembras que hibernarán; éstas se vuelven activas otra vez en primavera, de abril a mayo cuando la temperatura alcanza los 12° C; al inicio se alimentan de las hojas de malezas y después se trasladan al cultivo de frambuesa. Una vez establecidas las hembras comienzan a ovipositar en las hojas jóvenes; en climas cálidos el desarrollo es más rápido y cada hembra puede llegar a poner más de 100 huevecillos. Una generación tarda aproximadamente dos semanas (Lambert *et al.*, 2013).

1.6. Control de los ácaros

Se recomiendan monitoreos semanales de rutina en las hojas, inspeccionando la presencia de telaraña y ácaros a la luz del sol, si se encuentran de 10 a 15 se recomienda el uso de acaricidas. El uso de otros ácaros depredadores puede contribuir significativamente para reducir la población; es importante tomar muestras de hojas al inicio de la temporada para verificar la presencia de estas especies benéficas (Lambert *et al.*, 2013).

1.7. Fertilización y Resistencia de las Plantas a Insectos Plaga

En la agricultura moderna el uso de agroquímicos ha permitido obtener incrementos substanciales en la producción; no obstante, sus efectos adversos están impactando de manera significativa la sustentabilidad de la agricultura. La práctica del monocultivo y la contaminación por el uso indiscriminado de

agroquímicos han reducido la biodiversidad de los agroecosistemas, causando la inestabilidad de los mismos, la cual se manifiesta, entre otros efectos nocivos, en una mayor incidencia de plagas y enfermedades en los cultivos (Zavaleta, 2000).

Cualquier factor que afecte la fisiología de la planta (p. ej., la fertilización) puede en potencia cambiar su resistencia a los insectos plaga. Se ha demostrado que la fertilización afecta las tres categorías de resistencia propuestas por Painter (1951): preferencia, antibiosis y tolerancia.

Además, las respuestas morfológicas de los cultivos a los fertilizantes, tales como cambios en las tasas de crecimiento, madurez acelerada o retardada, tamaño de algunas partes de la planta y dureza o debilidad de la cutícula, también pueden influir indirectamente en el éxito de los insectos plaga (Nicholls y Altieri, 2006). Al respecto Slansky (1990) sugirió que la resistencia de las plantas a los ataques de insectos plaga varía con la edad o el estado de crecimiento de la planta.

1.8. Nutrición foliar y defensa natural

La fertilización foliar es una técnica que consiste en aplicar disoluciones de nutrientes directamente sobre el tejido foliar, lo cual permite corregir rápidamente las deficiencias nutrimientales y ayuda a la planta a recuperar su homeostasis metabólica (Weinbaum *et al.*, 2002).

La fertilización foliar se ha practicado desde hace muchos años. En Francia se reporta desde 1844 cuando se aplicaba sulfato ferroso en el follaje de la vid para corregir la clorosis en hojas. Posteriormente, esta práctica se hizo intensiva en

otras partes del mundo, en donde los agricultores habían visto efectos benéficos en el incremento del rendimiento y calidad de sus productos (Eibner, 1986).

Las plantas toman sus nutrientes directamente del suelo, pero también lo pueden hacer por las hojas y demás órganos. Se debe enfatizar que el mejor indicador de la concentración nutrimental de una planta, no es necesariamente el contenido nutrimental del suelo, sino la concentración que demuestre tener la hoja, después del proceso complicado de la absorción y transporte interno (Murillo *et al.*, 2013).

La absorción foliar de nutrientes a través de la hoja se puede visualizar como un proceso compuesto de tres etapas:

1. Retención del producto en la hoja. En esta etapa, el nutriente es aplicado por aspersión sobre la superficie de la hoja; es recomendable que el nutriente se mantenga en contacto con la hoja el mayor tiempo posible, el uso de agentes tensoactivos ayuda a que la gota que contiene los nutrientes se mantenga por más tiempo en contacto con la superficie foliar (Fageria *et al.*, 2009).
2. Transporte del nutriente a las células. En esta fase el nutriente es transportado a través de las diferentes capas de la hoja, donde supera una serie de barreras naturales, hasta llegar a las células epidermales (Murillo *et al.*, 2013).
3. Movimiento del nutriente hasta los órganos. En este paso los nutrientes son transportados desde las células epidermales hasta los órganos donde la planta los requiera, para lo cual atraviesan espacios intercelulares (apoplasto) o células de diferentes tejidos (simplasto) (Murillo *et al.*, 2013).

1.8.1. Nitrógeno

El nitrógeno, cuyas formas de asimilación son el ion nitrato (NO_3^-) y el ion amonio (NH_4^+), es el motor del crecimiento de la planta. Dentro de la planta se combina con componentes generados por el metabolismo de los carbohidratos para formar aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos. Además, por ser un constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales del desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento. Un buen suministro de nitrógeno en las plantas es importante también por la absorción de los demás elementos nutritivos. Así mismo, este elemento es parte esencial de la molécula de la clorofila (Moreno y Moral, 2007).

En el ápice del tallo y puntos de crecimiento el N es requerido en grandes cantidades para la formación de sustancias nitrogenadas, que se mueven con el agua y se almacenan en los tejidos (tallos y raíz), en la mayoría de las especies, la fase juvenil necesita de N para formar materia verde en el proceso de crecimiento (Norman, 2008).

El N total ha sido considerado un factor nutrimental crítico que media la abundancia y el comportamiento de los insectos. La mayoría de los estudios reportan incrementos dramáticos en el número de áfidos y ácaros en respuesta al incremento de las tasas de fertilización nitrogenada (Slansky y Rodríguez 1987).

Otras poblaciones de insectos que exhiben los mismos patrones de incremento con la fertilización nitrogenada incluyen *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) y *Ostrinia nubilalis* (Hübner) en maíz, *Helicoverpa zea* (Boddie) en algodón, *Pseudococcus comstocki* (Kuwana) en manzano y *Cacopsylla pyricola* (Forster) en peral (Luna 1988).

Por su parte, Scriber (1984) encontró 135 casos que mostraban un incremento en el daño y/o el crecimiento poblacional de insectos masticadores de hoja o ácaros en sistemas de cultivos fertilizados con N y menos de 50 casos donde el daño por herbívoros se redujo.

1.8.2. Calcio

Este elemento es absorbido fundamentalmente bajo la forma de Ca^{+2} , después del K, el elemento básico más abundante que existe en las plantas. En proporciones mucho menores, también es absorbido mediante un intercambio directo entre los pelos radicales y el complejo coloidal al que se encuentra adsorbido (Navarro y Navarro, 2003).

Sus formas minerales más frecuentes son: carbonatos, fosfatos, sulfatos y algunos silicatos; los dos primeros con una solubilidad muy variable y el resto prácticamente insolubles (Monge *et al.*, 1994).

Uno de los elementos que más influye sobre el control de la expresión de enfermedades es el Ca. Está considerado como el principal responsable de la formación de la lámina media, estructura y permeabilidad de la pared celular, así como también de la expansión y división celular (Alas y Bustamante, 1993).

El Ca es el elemento mineral que más influencia tiene sobre el retraso de la senescencia, control de desórdenes fisiológicos y sobre diferentes tipos de patógenos en frutas y vegetales (Ferguson y Drobak, 1998).

1.8.3. Silicio

El silicio es el segundo elemento en abundancia en la corteza terrestre y minerales primarios, después del oxígeno, por lo que en la naturaleza se encuentra en estado oxidado, representándolo como dióxido de silicio (SiO_2), aunque en su forma soluble principalmente está en forma de ácido ortosilílico y sus sales derivadas. No obstante que el silicio no se considera dentro de los 16 elementos esenciales para la nutrición, tiene una acción dinámica en el sistema agua-suelo-planta, estimándose que anualmente se remueven del suelo un promedio de 400 kilos por hectárea, ya que se encuentra de manera soluble y sólida en los diferentes tejidos de la planta, especialmente, formando parte de las células que componen el sistema tegumentario de las hojas. Dependiendo de las condiciones ambientales la concentración de Si es variable durante el desarrollo del cultivo (Quero, 2006).

El silicio forma agregados insolubles (fitolitos) y solubles (polímeros del ácido ortosilílico), entrelazados con la célula y componentes de la pared celular, haciéndolas resistentes y flexibles (Quero, 2006).

Aunque el silicio no se encuentre en la lista de elementos esenciales, se conoce su efectividad en aliviar condiciones de agobio abiótico como toxicidad por manganeso, aluminio y metales pesados (Pb), salinidad, sequía, heladas y congelación (Datnoff *et al.*, 2007).

El silicio depositado en la superficie del tejido vegetal, actúa como una barrera física que protege a las plantas de una infección micótica. En este sentido, el incremento de la resistencia ha sido asociado a diversos factores como la densidad de células largas y cortas silicificadas presentes en la epidermis de las

hojas, el espesor de la capa de silicio por debajo de la cutícula, la doble capa de cutícula, el engrosamiento de la membrana y la formación de papilas (Van Bockhaven *et al.*, 2013).

Los mecanismos clave del alivio mediado por Si ante el estrés abiótico incluye, estimulación del sistema antioxidante en los vegetales, acomplejamiento y coprecipitación de iones de metales tóxicos con Si, inmovilización de iones de metales tóxicos en el medio de crecimiento, procesos de asimilación y compartimentalización de iones metálicos dentro de las plantas (Quero, 2010).

El silicio mejora la tolerancia al estrés ambiental y aumenta la productividad de los cultivos. Además previene en gran medida una serie de enfermedades fúngicas (Datnoff y Heckman 2014).

El Si disminuye los efectos de deficiencias o excesos de nutrientes como el manganeso y el aluminio, aumenta la intercepción de la luz (mayor tasa fotosintética) y reduce la susceptibilidad a enfermedades causadas por hongos (Epstein, 2009).

En la resistencia de las plantas a enfermedades, existen informes que indican una relación directa entre la acumulación del Si en el tejido vegetal y la disminución del ataque de patógenos en la planta (Dann y Muir, 2002).

La acumulación de silicio en las plantas juega un rol muy importante en su defensa contra insectos herbívoros. Muchos insectos sufren efectos adversos cuando se alimentan de plantas ricas en silicio (Reynolds *et al.*, 2009).

Se ha encontrado al silicio suprimiendo muchas enfermedades de las plantas como cenicilla, *Botrytis*, pudrición de raíz y ataques de insectos como *Spodoptera depravata* (Snyder *et al.*, 2007). El efecto del silicio sobre la resistencia de las

plantas a las plagas se atribuye tanto a la acumulación de silicio en el tejido epidérmico y a la expresión de patogénesis inducida como respuesta de defensa del huésped (Aleshin, 1988).

Se ha reportado que el Si aumenta y mejora el rendimiento, el crecimiento y la producción de las plantas, mejora algunas características morfológicas y mecánicas (altura, penetración de la raíz en el suelo, exposición de las hojas a la luz y resistencia a hospederos) (Datnoff y Heckman 2014).

1.9. Antagonismos y sinergismos de los elementos

Entre iones se generan sinergismos (ayuda mutua) y antagonismos (inhibición mutua) que influyen en la absorción por las plantas.

Los micronutrientos interactúan en forma importante con otros macro y micronutrientos, tanto en el suelo y las reacciones de la superficie de la raíz como en reacciones metabólicas de la planta (Castellanos *et al.*, 2000).

Faust (1989), argumenta que la concentración elevada de un elemento nutritivo en los tejidos de una planta puede ser el reflejo del suministro inadecuado de otro elemento. Cuando el crecimiento se reduce por esta razón, algunos nutrientos se pueden acumular en una cantidad mayor que cuando el crecimiento sigue su curso normal. Por el contrario, cuando las plantas crecen a un ritmo acelerado, algunos nutrientos se pueden diluir más de lo esperado con un ritmo normal de crecimiento.

Las interacciones específicas son de gran ayuda para la evaluación de contenidos tóxicos de algún elemento. Es el caso del manganeso, cuyo nivel de toxicidad

difiere según la especie y el cultivar; pero en el mismo cultivar la diferencia depende del contenido de silicio en los tejidos. En hojas, el contenido crítico de toxicidad por manganeso puede incrementarse de 100 a 1000 mg·kg⁻¹ de materia seca en ausencia de silicio (Horst y Marschner, 1978).

El N activa la absorción y funciones del P y K necesarios para la formación de flores, se destaca la formación de proteínas y su influencia en la floración. El exceso de N, afecta la absorción de zinc, cobre y boro (Norman, 2008).

Nutrición en frambuesa

Uno de los factores de manejo de mayor importancia en el cultivo de frambuesa (*Rubus idaeus* L.) es la fertilización. Los fertilizantes aplicados al cultivo tienen relación directa con el nivel de rendimiento y con las propiedades químicas del suelo (Morales *et al.*, 2009).

Los análisis ayudan a calcular una fertilización más eficiente y acorde a la realidad de cada plantación, permiten ahorro en algunos fertilizantes y mayor inversión en otros que no se encuentran en un nivel suficiente, con el consiguiente aumento del rendimiento, vitalidad del huerto y calidad de la fruta cosechada logrando una mejor posición para comercializar la fruta (Morales *et al.*, 2009).

Mediante el análisis de suelo el contenido de cada nutriente se cataloga en tres categorías: bajo, normal o alto para permitir los ajustes de dosis a aplicar.

El nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) son esenciales para el crecimiento y desarrollo adecuado. Un exceso en los niveles de nitrógeno puede conducir a frutos blandos, retraso en la maduración, bajos rendimientos y una mayor

susceptibilidad al ataque por ácaros (Tagliavini *et al.*, 2000). Los niveles de calcio (Ca) son determinantes en la firmeza del fruto ya que permite la multiplicación celular, aumenta la resistencia a plagas y enfermedades y mejora la calidad poscosecha. Aunque el silicio (Si) no se encuentre en la lista de elementos esenciales, se conoce que actúa como una barrera física que protege a las plantas esto ha sido asociado a diversos factores como la densidad de células presentes en la epidermis (Reynolds *et al.*, 2009).

El análisis de plantas, a veces erróneamente referido como análisis foliar, es una técnica que determina el contenido de los nutrientes en tejidos vegetales de plantas de un cultivo muestreado en un momento o etapa de desarrollo determinados. Esta herramienta se basa en los mismos principios que el análisis del suelo, asumiendo que la concentración de nutrientes en la planta está directamente relacionada con la habilidad del suelo para proporcionarlos y a su vez, con la productividad de las plantas (Campbell y Plank, 2000).

Las utilidades del análisis vegetal pueden ser diversas tales como, verificar síntomas de deficiencias nutrimentales, identificar deficiencias asintomáticas (hambre oculta), indicar interacciones entre nutrientes, localizar zonas del predio que se comportan de forma diferente, evaluar el manejo nutricional de los cultivos, etc. (Bates, 1971).

Existen varias metodologías para la interpretación de los resultados de los análisis vegetales. De manera general, se establecen diferentes categorías de contenido de nutrientes en tejido vegetal (Cuadro 1.1).

Los análisis que detectan valores en los rangos de bajo a deficiente, pueden estar asociados a síntomas visibles de deficiencias y/o rendimientos reducidos. Por el contrario, análisis foliares en los rangos altos o de exceso, se asocian a consumos de lujo o a situaciones de toxicidad que conducen potencialmente a bajos rendimientos o mala calidad de los productos cosechados (Melgar *et al.*, 2011).

Cuadro 1.1. Rangos de referencia para los nutrientes en el análisis foliar en frambueso (Hirzel, 2009).

Nutriente	Unidad de medida	Nivel deficiente	Nivel adecuado	Nivel excesivo
N	%	<2.50	2.7-3.5	>4.0
P	%	<0.15	0.2-0.4	>0.6
K	%	<1.00	1.5-2.5	>3.0
Ca	%	<0.50	0.8-2.5	>3.0
Mg	%	<0.25	0.3-0.6	>1.0
Fe	mg/kg	<30	60-120	>200
Mn	mg/kg	<20	50-150	>300
Zn	mg/kg	<15	20-60	>80
Cu	mg/kg	<2	5-20	>50
B	Mg/kg	<30	40-70	>80

1.10. Anatomía de la hoja

La epidermis es el tejido protector de la hoja; cubre la superficie de la planta protegiéndola de pérdidas excesivas de agua por transpiración, así como de la pérdida excesiva de solutos orgánicos e inorgánicos por lixiviación (Wójcik, 2004).

Las células de la epidermis secretan la sustancia denominada cutina, que da origen a una capa lipofílica llamada cutícula, se ha demostrado que la secreción de ceras que conforman la cutícula puede reducir la infección de patógenos foliares (Mohhammadian *et al.*, 2009).

La cutícula constituye la barrera principal que deben superar los solutos para iniciar el proceso de absorción dentro de la planta, la cutícula es de naturaleza hidrofóbica, aunque también posee componentes hidrofílicos (Radosevich *et al.*, 1997).

El segundo componente de la cutícula es la cutina, la cual posee propiedades semihidrofílicas, la cual influye en el proceso de absorción al permitir que tanto solutos polares como no polares puedan penetrar la capa cuticular (Wójcik, 2004).

El tercer componente de la cutícula se encuentra en la base de esta misma, junto a la pared celular, y se denomina pectina. La pectina se presenta en forma de fibras y está constituida por polímeros de ácido galacturónico, los cuales son responsables de que adquiera una carga negativa (Meléndez y Molina, 2003).

Se han propuesto dos posibles rutas de penetración de nutrientes (Radosevich *et al.*, 1997). La primera ruta se denomina acuosa y en ella intervienen la cutina y la pectina, en tanto la segunda es considerada lipídica e involucra a las porciones no polares de la cutícula.

2. EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR CON Ca, N Y Si EN EL CONTROL DE ÁCAROS EN FRAMBUESA ROJA EN CAMPO ABIERTO

2.1. Resumen

La producción de frambuesa en México se duplicó de 35,589 toneladas en 2014 a 73,556 toneladas en 2016. Una de las plagas de mayor impacto al cultivo es la araña roja. Por ello el objetivo de este trabajo fue encontrar alternativas que mitiguen el daño por ácaros utilizando distintas formulaciones de fertilización foliar que modifiquen la textura de las hojas evitando de este modo ser atacadas por esta plaga. El experimento se realizó de marzo a septiembre de 2016 en el Campo Agrícola Experimental “San Martín” de la UACH, que se ubica a una altitud de 2250 m. El material vegetativo fue frambuesa roja cv. Autum Bliss trasplantadas el 18 de marzo de 2016. Se efectuó un análisis de suelo para determinar su fertilidad. Los tratamientos aplicados fueron $3000 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ de Ca, $1000 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ de Si, $3000 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ de Ca + $1000 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ de Si, $400 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ de N y un testigo (sólo agua); usando como fuentes Nitrato de Calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), Silicato de Potasio (K_2SiO_3) y Urea foliar (CON_2H_4). Las condiciones climáticas solo permitieron evaluar la variable de concentración nutrimental de materia seca en hoja. Demostrando que los macronutrientos con mayor absorción foliar fueron el nitrógeno y el calcio y dentro de los micronutrientos el silicio. El primero se obtuvo con $400 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ de N usando urea foliar, el segundo con $3000 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ de Ca usando Nitrato de Calcio y $3000 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ de Ca + $1000 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ de Si,

combinando Nitrato de Calcio y Silicato de Potasio; el tercero se obtuvo con 1000 mg·litro⁻¹ de Si usando Silicato de Potasio.

Palabra clave: ácaros, calcio, frambuesa 'Autumn Bliss', materia seca

2.2. Abstract

The production of raspberries in Mexico doubled from 35,589 tons in 2014 to 73,556 tons in 2016. One of the pests with the greatest impact on the crop is the red spider. Therefore, the objective of this work was to find alternatives that mitigate the damage by mites using different formulations of foliar fertilization that modify the texture of the leaves, thus avoiding being attacked by this pest. The experiment was carried out from March to September 2016 in the Experimental Agricultural Field "San Martín" of the UACh, which is located at an altitude of 2250 m. The vegetative material was red raspberry cv. Autumn Bliss transplanted on March 18, 2016. A soil analysis was performed to determine its fertility. The treatments applied were 3000 mg·litro⁻¹ of Ca, 1000 mg·litro⁻¹ of Si, 3000 mg·litro⁻¹ of Ca + 1000 mg·litro⁻¹ of Si, 400 mg·litro⁻¹ of N and a witness (water only); using as sources Calcium Nitrate ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), Potassium Silicate (K_2SiO_3) and Foliar Urea (CON_2H_4). The climatic conditions only allowed to evaluate the variable of nutrimental concentration of dry matter in leaf. Demonstrating that the macronutrients with higher foliar absorption were nitrogen and calcium and within micronutrients the silicon. The first was obtained with 400 mg·litro⁻¹ of N using foliar urea, the second with 3000 mg·litro⁻¹ of Ca using Calcium Nitrate and 3000

$\text{mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ of Ca + 1000 $\text{mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ of Si , combining Calcium Nitrate and Potassium Silicate; the third was obtained with 1000 $\text{mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ of Si using Potassium Silicate.

Keywords: mites, calcium, raspberry 'Autumn Bliss', dry matter

2.3. Introducción

En las últimas dos décadas las frambuesas se han vuelto uno de los frutos más consumidos a nivel mundial, como fruto fresco y procesado (FAO, 2013). La producción de frambuesa en México se duplicó de 35 mil 589 toneladas en 2014 a 73 mil 556 toneladas en 2016. Esta frutilla es producida en ocho entidades federativas del país, Baja California, Colima, Ciudad de México, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán y Puebla (SAGARPA, 2017). Esta creciente demanda hizo que la extensión dedicada a su cultivo se incrementara, trayendo consigo problemas de tipo fitosanitario, lo que debe ser atendido antes de que el problema sea agravado en ciclos de producción posteriores.

Una de las plagas de mayor impacto a la que se enfrenta el cultivo de frambuesa es la araña roja; son ácaros que producen manchas amarillentas en las hojas, pudrición de la polidrupa y muerte de la planta (Estrada, 2012). El daño por ácaros es generalmente mayor durante la temporada calurosa y seca y en plantas bajo estrés. El primer síntoma en la superficie superior de la hoja es una apariencia delgada donde se ha eliminado la clorofila. El proceso de alimentación de los ácaros elimina la savia de las hojas, haciendo que se vuelvan gradualmente amarillas, plateadas o bronceadas (Jeppson *et al.*, 1975). El daño económico ocurre cuando las poblaciones de ácaros causan la defoliación prematura de las plantas, lo que reduce la resistencia al invierno.

El uso de otros ácaros depredadores puede contribuir significativamente a reducir la población de araña roja; sin embargo, es importante tomar muestras de hojas al inicio de la temporada para verificar la presencia de estas especies benéficas (Lambert *et al.*, 2013). Debido a las tendencias de la agricultura moderna, donde

cada vez es más necesario producir alimentos inocuos y que sean amigables con el ambiente se hace necesario explorar otras alternativas de control de plagas, sobre todo en frutos como la frambuesa cuyo consumo se da en forma directa. Por ello el objetivo de este trabajo fue utilizar distintas concentraciones de fertilizantes foliares como alternativas con las cuales sea posible modificar la textura de las hojas para mitigar el daño ocasionado por ácaros fitófagos.

2.4. Materiales y métodos

Localización

El desarrollo del experimento se realizó en los meses de marzo a septiembre de 2016 en el Campo Agrícola Experimental “San Martín” de la Universidad Autónoma Chapingo, el cual se encuentra a una altitud de 2250 msnm, con ubicación 19° 29' 23.5" latitud N y 98°52'21.9" longitud W. El clima predominante en la zona es un Cb (W0) (W) (i') g, que corresponde a un clima subhúmedo con lluvias en verano, poca oscilación de temperatura y con el mes más caluroso antes del solsticio de verano; con una temperatura media anual de 15 °C, con temperatura máxima en el mes de mayo de 18 °C y una mínima de 12 °C en el mes de diciembre (García, 1988).

Material vegetal utilizado

Se utilizaron vástagos de frambuesa roja cv. Autumn Bliss, las cuales fueron trasplantadas el 18 de marzo de 2016 en el Campo Agrícola Experimental “San Martín”, estas fueron colocadas a una distancia aproximada de 30 cm para permitir un buen desarrollo radical.

Sustrato

El trasplante se hizo directamente en el suelo del Campo Agrícola Experimental y se tomaron muestras de suelo para ser analizadas en laboratorio. Los resultados obtenidos se muestran en los Cuadros 2.1 y 2.2.

Cuadro 2.1. Características físicas y químicas del suelo del Campo Agrícola Experimental “San Martín”. Chapingo, Méx.

Variables físicas y químicas			
	pH	CE, dS m ⁻¹	MO (%)
Resultado del análisis	7.51	0.383	1.314
Interpretación según	Moderadamente	Suelo libre de	Moderadamente
Castellanos <i>et al.</i> (2000)	alcalino	sales	bajo

Cuadro 2.2. Fertilidad del suelo del Campo Agrícola Experimental. “San Martín”. Chapingo, Méx.

Nutriemento	Contenido nutrimental (mg·kg ⁻¹)	Interpretación según Castellanos <i>et al.</i> (2000)
N	30.8	Moderadamente alto
P	0.415	Muy bajo
K	350.22	Medio
Ca	1915	Medio
Mg	805.56	Alto
Na	0.497	Moderadamente bajo
Fe	0.623	Bajo
Cu	1.067	Bajo
Zn	0.827	Muy bajo
Mn	7.049	Muy bajo
Si	37.351	Moderadamente bajo

Diseño experimental y tratamientos

Debido a la homogeneidad del terreno, los cinco tratamientos con sus cuatro repeticiones se establecieron bajo un diseño experimental completamente al azar (Cuadro 2.3). Cada unidad experimental constó de un surco de 3 m de largo y las plantas fueron protegidas de la lluvia con microtúnel. Los tratamientos se aplicaron cada 15 días, durante 6 meses. La aportación nutrimental total de cada tratamiento se describe en el Cuadro 2.4.

Los fertilizantes se disolvieron en agua destilada, se agregó el coadyuvante (adherente-dispersante) Dap-Plus a una dosis de 1.0 ml·L⁻¹; por último, se ajustó el pH entre 5.0 y 5.5 con ácido sulfúrico (H₂SO₄) y/o hidróxido de sodio (NaOH) a una concentración de 2 N.

Cuadro 2.3. Tratamientos aplicados foliarmente en el cultivo de frambuesa roja cv. Autumn Bliss y fuentes empleadas.

Tratamiento	Fuente	Concentración del elemento en su presentación comercial

Testigo	Agua	
3000 Ca	Nitrato de Calcio (Ca(NO ₃) ₂)	12.75 % Ca + 8.10% N
400 N	Urea foliar (CON ₂ H ₄)	42 % N
1000 Si	Silicato de Potasio (K ₂ SiO ₃)	39.2 % K ₂ SiO ₃
3000 Ca + Si	(Ca(NO ₃) ₂) + (K ₂ SiO ₃)	12.75 % Ca + 8.10 % N + 39.2 % K ₂ SiO ₃

Cuadro 2.4. Aportación nutrimental total en cada tratamiento.

Tratamiento	Fuente	N	P	K	Ca	Mg	Si	
(mg·litro ⁻¹)		mg·litro ⁻¹ aportados						
Testigo	Agua	0	0	0	0	0	0	
3000 Ca	(Ca(NO ₃) ₂)	1913.22	0	0	3000	0	0	
400 N	Urea foliar	4.0	0	0	0	0	0	
	(N)							
1000 Si	(K ₂ SiO ₃)	0	0	2785.5	0	0	1000	
3000 Ca + Si	(Ca(NO ₃) ₂)	1913.22	0	2785.5	3000	0	1000	
	+ (K ₂ SiO ₃)							

Variables evaluadas

Concentración nutrimental (en % para macronutrientos y en mg·kg⁻¹ de materia seca para micronutrientos: se determinó la concentración nutrimental de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), boro (B) y silicio (Si) de las hojas fuente de las plantas; para lo cual se seleccionaron 15 hojas fuente de cada tratamiento, las cuales se metieron a secar en una estufa con aire forzado marca BINDER.

Para la determinación de los macronutrientos N, P, K, Ca y Mg se pesó una muestra de 0.25 g de materia seca en una balanza analítica digital marca OHAUS modelo Scout Pro. Posteriormente las muestras se sometieron a digestión húmeda con una mezcla de solución diáctica de H₂SO₄ y HClO₄ (2:1, v/v) y peróxido de hidrógeno H₂O₂ al 30 %.

Para la determinación de Si se pesó una muestra de 0.15 g de materia seca y se sometió a una digestión húmeda con una mezcla de solución triácida (HNO_3 , HClO_4 y H_2SO_4) (10:2:1, v/v).

La determinación de la concentración de N se hizo por el método de microkjeldahl. Y la del resto de los elementos por espectrometría de emisión atómica de inducción con plasma acoplado ICP modelo 725-ES de Agilen® en todos los casos se siguió la metodología descrita por Alcántar y Sandoval (1999).

Análisis estadístico

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) utilizando el paquete estadístico SAS System versión 9.4 (SAS Institute Inc., 2016).

2.5. Resultados y discusión

Presencia de plagas y enfermedades

Los ácaros son animales heterotermos, los procesos bioquímicos que constituyen su actividad vital tienen una temperatura mínima para desarrollarse, una óptima y una máxima por encima de la cual no se desarrollan (Coscollá, 1980). Las condiciones ambientales del experimento fueron adversas para el desarrollo de esta plaga, de acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2016), las

condiciones para estos meses fueron bajas temperaturas y altas precipitaciones que predominaron durante todo el ensayo (Cuadro 2.5) ya que esta plaga tiene un desarrollo óptimo en temperaturas altas y ambientes secos no hubo presencia de infestación.

Cuadro 2.5. Temperaturas promedio, máximas y mínimas mensuales; así como la precipitación mensual durante 2016; periodo en el cual estuvieron creciendo las plantas de frambuesa roja cv. Autumn Bliss en el Campo Agrícola Experimental “San Martín”. Chapingo, Méx.

Mes	Promedio	Máxima	Mínima	Precipitación mensual
				Temperatura (°C)
				(mm)
Marzo	15.7	26.6	4.8	38.8
Abril	17.6	27.6	3.9	63.6
Mayo	18.0	27.4	4.1	46.1
Junio	17.7	25.7	3.9	100.1
Julio	16.6	24.0	3.6	120.7
Agosto	16.7	24.3	3.6	202.2
Septiembre	16.3	24.1	3.5	131.3

Concentración nutrimental.

En todos los tratamientos el macronutriente con mayor concentración fue el N con valores superiores a 2 % encontrándose en el rango de suficiencia, seguido por el Ca con valores superiores a 1 % también indicativo de un estado nutrimental de suficiencia (Cuadro 1.1). En los tratamientos donde el calcio fue elemento

aplicable la concentración superó el 1.5 %, mostrando que existe una correspondencia entre la disponibilidad y la cantidad absorbida (Cuadro 2.6).

El resultado del análisis del suelo del sitio experimental, resultó con 1.19 % de Ca suficiente para permitir el crecimiento vegetal de las plantas (Castellanos *et al.*, 2000); situación que se observó en los tratamientos donde no se aplicó calcio pues no se detectaron síntomas de deficiencia de este elemento. Una fertilización enriquecida con calcio puede generar diferencias en la concentración de las hojas, las dosis aplicadas no llegaron a ser tóxicas, pues no se observó ningún síntoma de toxicidad reportado por Hirzel (2009). El calcio se acumula entre la pared celular y la lámina media, dando turgencia e integridad a las membranas, además de ser un elemento que coadyuva al aprovechamiento eficiente del agua en la planta (Rincón y Martínez, 2015).

Yildirim *et al.* (2007) demostraron que la fertilización con urea al suelo y foliar dio como resultado un incremento en rendimiento de brócoli, además de un incremento en el contenido nutrimental en las hojas. Esta situación no se cumplió en este trabajo, pues los efectos de la aplicación foliar de la urea fueron similares a los del testigo, esto puede atribuirse a que la concentración de N en el suelo alcanzó un valor de $30.8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, concentración considerada como moderadamente alta por Castellanos *et al.* (2000) y este elemento estuvo disponible para su absorción vía radical

El fósforo presentó valores superiores a 0.2 colocándolo en un rango de suficiencia (Cuadro 1.1). No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre la concentración de este elemento y los tratamientos aplicados (Cuadro 2.6).

En el caso del potasio se presentaron concentraciones entre 0.78 y 1.15 %, valores <1.0 % se consideran en deficiencia y rangos entre 1.5 y 2.5 % en suficiencia (Cuadro 1.1). La concentración más baja de este elemento se dio cuando el tratamiento aplicado fue N, de acuerdo con Castellanos *et al.* (2000), el K presenta efectos antagónicos con N.

Las concentraciones de Mg residieron entre 0.49 y 0.58 % en suficiencia (Cuadro 1.1) además no se presentó diferencia estadística significativa (Cuadro 2.6).

Cuadro 2.6. Concentración foliar de macronutrientos para diferentes tratamientos de fertilización foliar en plantas de frambuesa roja 'Autumn Bliss' creciendo en condiciones de campo. Chapingo, Méx.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg
%					
Testigo	2.71 a	0.35 a	0.85 a	1.15 b	0.55 a
3000 Ca	2.57 a	0.26 a	0.92 a	1.52 a	0.55 a
400 N	2.34 a	0.23 a	0.78 a	1.07 b	0.49 a
1000 Si	2.90 a	0.29 a	1.15 a	1.10 b	0.55 a
3000 Ca+Si	2.80 a	0.24 a	0.98 a	1.53 a	0.58 a
DMSH	1.02	0.12	0.49	0.35	0.19
CV	17.53	20.61	24.25	12.78	16.05

DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación. Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Respecto al Boro, se presentaron concentraciones de 49.70 a 63.04 ppm que fueron valores en rango de suficiencia para dicho micronutriente (Cuadro 1.1). No existieron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 2.7).

El Cu no presentó diferencias estadísticas, su concentración se mantuvo entre 3.35 a 5.05 ppm (Cuadro 2.7), Hirzel (2009) señala que valores <2.0 ppm se consideran en deficiencia y rangos entre 5.0 y 20 ppm en suficiencia (Cuadro 1.1).

Con el Fe se encontró 337.13 ppm hasta 806.31 ppm, no hubo diferencia significativa, Hirzel (2009) indica que valores >200 ppm se consideran en estado excesivo (Cuadro 1.1).

Para el caso del Zn se presentaron valores de 15.41 a 19.68 ppm de concentración, todos ellos se consideran en nivel deficiente (Cuadro 1.1) y no mostraron diferencia estadística significativa (Cuadro 2.7).

De los elementos aplicados como parte de los tratamientos, el silicio no mostró diferencia estadística significativa aunque los tratamientos Si y Ca tienen un incremento en las concentraciones del elemento con respecto a los demás (Cuadro 2.7). Esto coincide con Pino y Torres (2015) que mencionan que el Si tiene acción sinérgica con Ca y Mg y no permite toxicidad en planta con Fe, Mn y Al.

Los resultados del análisis de suelo del sitio experimental mostraron que la cantidad de silicio fue de 37.35 ppm (moderadamente bajo) lo cual no representa

un problema ya que la cantidad requerida de este elemento puede ser cubierta vía absorción radical, considerando que el silicio es uno de los elementos de mayor abundancia en el suelo, además no es considerado ni siquiera como un microelemento esencial más bien como un microelemento benéfico (Quero, 2006).

Cuadro 2.7. Concentración foliar de micronutrientos para diferentes tratamientos de fertilización foliar en plantas de frambuesa roja 'Autumn Bliss' creciendo en condiciones de campo. Chapingo, Méx.

Tratamiento	B	Cu	Fe	Zn	Si
mg.kg ⁻¹ MS					
Testigo	63.04 a	4.56 a	619.90 a	17.26 a	131.15 a
3000 Ca	57.74 a	5.05 a	806.31 a	19.68 a	155.58 a
400 N	49.70 a	3.35 a	337.13 a	16.03 a	76.68 a
1000 Si	58.57 a	4.05 a	711.49 a	15.41 a	230.47 a
3000 Ca+Si	59.51 a	4.33 a	561.27 a	16.64 a	137.96 a
DMSH	19.22	1.79	966.83	14.46	167.31
CV	15.25	19.21	72.95	38.96	52.35

DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación, MS: materia seca. Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Respecto a la sanidad del cultivo no se detectó presencia de plagas, en específico de ácaros fitófagos.

Esto se atribuyó a las condiciones ambientales desfavorables para los ácaros (altas precipitaciones y humedad relativa), pero además, la ausencia de infestación pudo deberse a la acción de las aplicaciones de Ca suministrado foliarmente, las cuales ocasionaron un grado mayor de resistencia mecánica en las paredes de las células de los tejidos cuticulares tratados. Al respecto, Conway, (1988) menciona que al incrementarse los contenidos de Ca en las paredes celulares de hojas de árboles de manzano, se incrementa su resistencia a patógenos.

También Conway y Gross (1987) mencionan que el efecto de Ca para el retardo y/o control de las infecciones e infestaciones de plagas, es el resultado de la firmeza que este elemento produce en los enlaces de la pared celular, que al estar formada por cadenas de pectinas, permite la inserción de cationes y preferiblemente los de Ca.

De igual modo, Alas y Bustamante (1993) indican que uno de los elementos que más influye sobre el control de la expresión de enfermedades es el Ca. El Ca está considerado como el principal responsable de la formación de la lámina media, estructura y permeabilidad de la pared celular, así como también de la expansión y división celular.

La protección debido al uso de este elemento también se explica porque produce efectos tóxicos sobre las estructuras del patógeno, reducción de la susceptibilidad del hospedante y modificación del pH en la superficie de la hoja según Horst y Marschner (1978).

2.6. Conclusiones

Las condiciones climáticas observadas en el año de evaluación las cuales fueron altas precipitaciones y alta humedad relativa, no permitieron periodos favorables para completar el ciclo de vida y desarrollo de ácaros fitófagos ya que a estos les favorece el clima seco y cálido, por lo tanto no se pudo evaluar la presencia de ácaros en los tratamientos; sin embargo, se observó que fueron el calcio y el silicio los elementos que más se absorbieron vía foliar por las plantas de frambuesa; ambos elementos de importancia en la estructura celular de las hojas, por tanto se esperaría que estas tuvieran mayor resistencia a la plaga.

2.7. Literatura citada

- AGRIOS, G. N. 2012. Fitopatología. Editorial Limusa. México, D. F. 819 p.
- ALAS, G.J., BUSTAMANTE, E. 1993. Efecto del fósforo y del calcio en la severidad del tizón temprano (*Alternaria solani*) en tomate, a nivel de invernadero. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 29:1-5.
- ALCÁNTAR, G.G.; SANDOVAL V.M. 1999. Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México. 156 p.
- ALESHIN, N.E. 1988. About the biological role of silicon in rice. Vestnik Agric. Sci. 10:77–85.
- ANTTONEN, M.J., KARJALAINEN, R.O. 2005. Environmental and genetic variation of phenolic compounds in red raspberry. Food Composition and Analysis 18:759-769.

- BASCOPE, J.A., 2012. Realidad productiva de la frambuesa EE.UU. y México. Agrimundo, Informe de Experto, Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, México (ODEPA). 41 p.
- BATES, T.E. 1971. Factors affecting critical nutrient concentrations in plants and their evaluation: A review. *Soil Science* 112:116-129.
- BUSHWAY, L., PRITTS, M., HANDLEY, D., 2008. Raspberry and blackberry production guide, Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES). Ithaca, New York, 35:18-26.
- CAMPBELL, C.R y PLANK C.O. 2000. Reference sufficiency ranges, field crops: Corn. N.C. Department of Agriculture and Consumer Services. Disponible en: <http://www.ncagr.gov/agronomi>
- CASTELLANOS, J.Z., UVALLE, B.J.X., AGUILAR S.A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2^a. ed. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola. Colección INCAPA. Celaya, Guanajuato, México. 226 p.
- CHARLES, J. G., COLLYER, E., WHITE V., 2012. Integrated control of *Tetranychus urticae* with *Phytoseiulus persimilis* and *Stethorus bifidus* in commercial raspberry gardens. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*. 13:385-393.
- COSCOLLÁ, R. 1980. Incidencia de los factores climatológicos en la evolución de las plagas y enfermedades de las plantas. *Bol. Serv. Plagas*, 6(2), 123-139.
- CONWAY, W.S. 1988. Inhibition of *Penicillium expansum* polygalacturonase activity by increased apple cell wall calcium. *Phytopathology* 78:1052-1055.

- CONWAY, W.S., GROSS, K. 1987. Relationship of bound calcium and inoculum concentration to the effect of postharvest calcium treatment on decay of apples by *Penicillium expansum*. *Plant Disease* 71 (1): 78-80.
- DANN, E., y MUIR, S. 2002. Peas grown in media with elevated plant-available silicon levels have higher activities of chitinases and β -1,3-glucanase, are less susceptible to a fungal leaf spot pathogen and accumulate more foliar silicon. *Australian Plant Pathology*, 31: 9-13.
- DATNOFF, L.E, ELMER, W. y HUBER, D. 2007. Mineral nutrition and plant disease. The American Phytopathological Society, St. Paul, USA. 278 p.
- DATNOFF , L.E. y HECKMAN, J.R. 2014. Silicon fertilizers for plant disease protection. In Proceedings of the 16th World Fertilizer Congress of CIEC Rio de Janeiro-RJ, Brazil, 24: 37-38.
- DAVIS, P.H., 1982. Flora of Turkey. University Press, Edinburgh. 385 p.
- DOUGHTY, C.C., CRANDALL, P. C., SHANKS, C. H. Jr. 1972. Cold injury to red raspberries and the effect of premature defoliation and mite damage. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 97:670-673.
- EIBNER, R. 1986. Foliar fertilization, importance and prospects in crop production. Foliar fertilization. Proceedings of the First International Symposium of Foliar Fertilization by Shering Agrochemical Division. Berlin. 3:13
- ELLIS, M.A., CONVERSE, R.H., WILLIAMS, R.N., WILLIAMSON, B., 1991. Compendium of Raspberry and Blackberry Diseases and Insects. The American Phytopathological Society. USA. 100 p.
- EPSTEIN, E. 2009. Silicon: Its manifold roles in plants. *Annals of Applied Biology*, 155: 155-160.

- ESTRADA, V. E. G., 2012. Ácaros de importancia agrícola. Sociedad Mexicana de Entomología y Colegio de Posgraduados. México, D. F. 276 p.
- FAGERIA, N., BARBOSA FILHO, M., MOREIRA, A. Y GUIMARAES, C. 2009. Foliar fertilization of crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, 32, 1044-1064.
- FAO, 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
<http://faostat.fao.org>
- FAUST, M. 1989. Physiology of temperate zone fruit trees. John Wiley and Sons, Nueva York. 322 p.
- FERGUSON, I. B., DROBAK, B.K. 1998. Calcium and the regulation of plant growth and senescence. *HortScience* 23(2):262-266.
- FUMIAF, 2005. Fundación Mexicana para la Innovación Agropecuaria y Forestal A.C., "Cultivo de Berries (framboesa y zarzamora) en México,
<http://www.scribd.com/doc/56427383/Cultivo-de-Berries-frambuesa-y-zarzamoraFumiaf>
- FUNT, R.C, ELLIS, M.A, WELTY, C. 2004. Midwest small fruit pest management handbook, The Ohio State University Extension, Columbus, 861:126-130.
- GARCÍA, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 4^a ed. Oerset Larios, México. 71p.
- GUZMÁN, S.E., GARCÍA M.R., MURATALLA L.A., GARCÍA D.G., MORA F.J.S., 2004. Análisis de precios de la framboesa roja (*Rubus idaeus* L.) producida en Valle de Bravo, México. *Revista Agrociencia* 38(5):565-571.
- HIRZEL, C. J. 2009. Fertilización. en: (Morales C., González M. I., Hirzel J., Riquelme J., Herrera G., Madariaga M., France I. A., Devotto M. L., Gerdin

- P. M., Pedreros L. A., Uribe H., San Martín A. J.) Aspectos relevantes en la producción de frambuesa (*Rubus idaeus*). INIA Rahuen. Boletín, (12),118.
- HORST, W. J. y MARSCHNER, H. 1978. Effect of silicon on manganese tolerance of beanplants (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant and Soil* 50, 287-303.
- JENNINGS, D.L., 1988. Raspberries and blackberries: their breeding, diseases, and growth. Academic Press, London. 100 p.
- JEPPSON, L.R., KEIFER, H.H., BAKER, E.W., 1975. Mites injurious to Economic Plants. University of California Press, Berkeley. 614 p.
- KAFKAS, E., OĞUZ GEN, M., OĞUZ ZOGUL, Y., TUĞREMIS, N., 2008. Phytochemical and fatty acid profile of selected red raspberry cultivars: A comparative study. *Journal of Food Quality* 31:67–74.
- LAMBERT, L., LAPLANTE, G.H., CARISSE, O., VINCENT, C. 2013. Diseases, pests and beneficial organisms of Strawberry, Raspberry, and Blueberry. The American Phytopathological Society. Minnesota, USA. 343 p.
- LUNA, J.M. 1988. Influence of soil fertility practices on agricultural pests. In Global perspectives on agroecology and sustainable agricultural systems. International Science Conference of IFOAM (6, Santa Cruz, CA, US). Proceedings. 600 p.
- MELÉNDEZ, G. Y MOLINA, E. 2003. Fertilizantes: características y manejo. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. 250 p.
- MELGAR R., VITTI G. y De Melo B. V. 2011. Fertilizando para altos rendimientos. Soja en Latinoamérica. IIP Boletín No. 20. 179 p.

MOHAMMADIAN, M., WATLING, J. Y HILL, R. 2009. Stomatal plugs and their impact on fungal invasion in *Agathis robusta*. *Australian Journal of Botany*, 57(5): 389-395.

MONGE E., VAL J., SANZ M., BLANCO A. y MONTAÑÉS L. 1994. Calcium as a nutrient for plants. The bitter pit in apple. *An. Estac. Exp. Aula Dei (Zaragoza)* 21(3): 189-201.

MORALES C., GONZALES M., HIRZEL J., HERRERA G., MADARIAGA M., DEVOTTO L., GERDING M., RIQUELME J., FRANCE A., URIBE H., PEDREROS A., SAN MARTIN J. 2009. Aspectos Relevantes en la Producción de Frambuesa (*Rubus idaeus L.*). Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Boletín INIA N°192. 27p.

MORENO C. J., MORAL H. R. 2007. Compostaje. Editorial Mundi-Prensa. Madrid España. 362 p.

MURILLO C. R. G., PIEDRA M. G., LEÓN R. G. 2013. Absorción de nutrientes a través de la hoja (Nutrient uptake by leaf). *Uniciencia* 27: 232-244.

NAVARRO, B. S., NAVARRO G. G. 2003. Química Agrícola, 2da edición, Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 167 p.

NICHOLLS, C. I., ALTIERI, M. 2006. Manejo de la fertilidad de suelos e insectos plaga: armonizando la salud del suelo y la salud de las plantas en los agroecosistemas. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* (Costa Rica), 77(8), 8-16.

NORMAN S. I. 2008. Nutrición foliar y defensa natural. *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo*. 29: 31-38.

PAINTER, R.H. 1951. Insect resistance in crop plants. Lawrence, KS, University of Kansas Press. 251 p.

PINO, C., y TORRES, C. 2015. Efecto de silicato de magnesio sobre la expresión vegetativa y producción en vides orgánicas (*Vitis vinifera L.*) cv. Malbec. V Congreso Latinoamericano de Agroecología-SOCLA (7 al 9 de octubre de 2015, La Plata) 5 p.

POTTER, D., ERIKSSON, T., EVANS, R., OH S-H, SMEDMARK, J., MORGAN, D., KERR, M., ROBERTSON, K., ARSENAULT, M., CAMPBELL, C. 2007. Rosaceae phylogeny and classification. *Plant Systematics and Evolution* 266:5-43.

QUERO G.E. 2006. El silicio en la protección de las plantas. Publicado en Revista de Riego, Número Febrero-Marzo 2006, 22 p.

QUERO, G.E. 2010. Nutrición con silicio y sus aplicaciones a cultivos a cielo abierto y en agricultura protegida: Un pequeño recorrido por la naturaleza. Simposio Internacional de Nutrición Vegetal: Guadalajara-Jalisco, México (Vol. 6).

RADOSEVICH, S., HOLT, J. Y GHERSA, C. 1997. *Weed Ecology: Implications for Management*. New York: Edit. John Wiley & Sons. 316 p.

REYNOLDS, O.L., KEEPING, M.G., MEYER, J.H. 2009. Silicon-augmented resistance of plants to herbivorous insects: a review. *Annals of Applied Biology*, 155: 171–186.

RINCÓN, P. A, MARTÍNEZ Q. E. 2015. Funciones del calcio en la calidad poscosecha de frutas y hortalizas: una revisión. *Alimentos Hoy*. 23(34):13–25.

SAGARPA, 2017. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/boletines/Paginas/JA_00201_07.aspx

SAS INSTITUTE INC. 2016. Base SAS 9.4. Procedures Guide. 2a edition. Volumes 1, 2, 3 y 4. Cary, NC: SAS Institute Inc. 1906 p.

SCRIBER, J.M. 1984. Nitrogen nutrition of plants and insect invasion In Hauck, RD. ed. Nitrogen in crop production. Madison, WI, US, American Society of Agronomy. 425 p.

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN). 2016. Disponible en:

<http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=mex>

SHARMA, D., ABROL D.P., 2005. Contact toxicity of some insecticides to honey bee *Apis mellifera* and *Apis cerana*. Asian Pacific Entomoloy 8(1):113–115.

SLANSKY, F., RODRIGUEZ, J.G. 1987. Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates. New York, US, Wiley. 320 p.

SLANSKY, F. 1990. Insect nutritional ecology as a basis for studying host plant resistance. Florida Entomologist 73:354-378.

SNYDER, G.H.; MATICHENKOV, V.V.; DATNOFF, L.E. 2007. Silicon. Handbook of Plant Nutrition. Barker, A.V. and Pilbeam, D.J. (eds.). Taylor & Francis Group. CRC Press. Boca Raton, FLA. 144p.

TAGLIAVINI, M.; ZAVALLONI, C.; ROMBOLA, A.D.; QUARTIERI, M.; MALAGUTI, D.; MAZZANTI, F.; MILLARD, P.; MARANGONI, B. 2000. Mineral nutrient partitioning to fruits of deciduous trees. XXV International Horticultural

- Congress, Part 2: Mineral Nutrition and Grape and Wine Quality. ISHS Acta Horticulturae 512: 131-140.
- USDA, 2011. Economics, Statistics and Market Research System, Fruit and Tree Nut Yearbook Report.
<http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewStaticPage.do?url=http://usda01.library.cornell.edu/usda/ers/.89022/2011/index.html>
- VAN BOCKHAVEN, J., VLEESSCHAUWER, D.D., HOFTE, M. 2013. Towards establishing broad-spectrum disease resistance in plants: silicon leads the way. *Journal of Experimental Botany*, 64: 1281–1293.
- WEINBAUMM, S., BROWN, P. AND JOHNSON, R. 2002. Application of selected macronutrients (N, K) in deciduous orchards: physiological and agro technical perspectives [Aplicación de macronutrientes seleccionados (N, K) en huertos caducifolios: perspectivas fisiológicas y agro técnicas]. *Acta Horticulturae*, 594, 59-64.
- WÓJCIK, P. 2004. Uptake of mineral nutrients from foliar fertilization [Absorción de nutrientes minerales mediante fertilización foliar]. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 12, 202-204, 212-213.
- YILDIRIM, E., GUVENC, I., TURAN, M., AND KARATAS, A. 2007. Effect of foliar urea application on quality, growth, mineral uptake and yield of broccoli (*Brassica oleracea* L., var. *italica*). *Plant Soil and Environment*. 53(3):120-128.
- ZAVAleta, M.E., 2000. Alternativas de manejo de las enfermedades de las plantas. *Terra Latinoamericana*, 17:3-10.

3. EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR EN EL CONTROL DE ÁCAROS EN FRAMBUESA ROJA (*Rubus idaeus L.*) 'AUTUMN BLISS' CULTIVADA EN INVERNADERO

3.1. Resumen

Al quinto bimestre del año 2016, la producción de frambuesa en México superó las 54 mil toneladas, lo que permitió a nuestro país consolidarse como el quinto productor mundial de este cultivo. La frambuesa es hospedera de diferentes especies de áfidos y ácaros, las cuales para su control es posible utilizar diversas concentraciones de nutrientes. El objetivo de este trabajo fue evaluar el uso de la fertilización foliar con nitrógeno (N), calcio (Ca) y silicio (Si), como alternativa para combatir el daño por ácaros. Para ello se establecieron en invernadero vástagos de frambuesa roja cv. Autumn Bliss, los tratamientos aplicados fueron 3000 mg·litro⁻¹ de Ca, 1000 mg·litro⁻¹ de Si, 3000 mg·litro⁻¹ de Ca + 1000 mg·litro⁻¹ de Si, 400 mg·litro⁻¹ de N y un testigo (sólo agua); usando como fuentes Nitrato de Calcio (Ca (NO₃)₂), Silicato de Potasio (K₂SiO₃) y Urea foliar (CON₂H₄), se evaluó la altura de planta, diámetro de brotes, contenido foliar de macro y micronutrientos, número de ácaros vivos y grosor de hoja. El tratamiento con urea no tuvo efecto sobre ninguna variable; mientras que la fertilización con calcio generó cambios en el grosor de la hoja y el número de ácaros vivos encontrados, también la aplicación de calcio + silicio disminuyó el número de ácaros vivos contabilizados.

Palabra clave: Ácaros, silicio, calcio.

Abstract

In the fifth bimester of 2016, raspberry production in Mexico exceeded 54 thousand tons, which allowed our country to become the fifth largest producer of this crop. The raspberry is host to different species of aphids and mites, which for its control is possible to use different concentrations of nutrients. The objective of this work was to evaluate the use of foliar fertilization with nitrogen (N), calcium (Ca) and silicon (Si), as an alternative to combat mite damage. To do this, red raspberry stems cv. Autumn Bliss were established in the greenhouse, the treatments applied were 3000 mg·litro⁻¹ of Ca, 1000 mg·litro⁻¹ of Si, 3000 mg·litro⁻¹ of Ca + 1000 mg·litro⁻¹ of Si, 400 mg·litro⁻¹ of N and a witness (water only); using as sources Calcium Nitrate (Ca(NO₃)₂), Potassium Silicate (K₂SiO₃) and Foliar Urea (CON₂H₄), plant height, shoot diameter, macro and micronutrients foliar content, number of live mites and leaf thickness were evaluated. The treatment with urea had no effect on any variable; while the fertilization with calcium generated changes in the thickness of the leaf and the number of living mites found, also the application of calcium + silicon decreased the number of live mites counted.

Keywords: Mites, silicon, calcium.

3.2. Introducción

Al quinto bimestre del año 2016, la producción de frambuesa en México superó las 54 mil toneladas. Esto representa alrededor del 80 por ciento del total producido en 2015 lo que permitió a nuestro país consolidarse como el quinto productor mundial de este cultivo. En 2015, las exportaciones de frambuesa se ubicaron en más de 508 millones de dólares, con un incremento a tasa anual de 38 por ciento; debido a que esta frutilla fue comercializada en 25 destinos internacionales, entre los que destacan Canadá, Estados Unidos, Rusia, Brasil, Japón, Países Bajos, Bélgica, España, Francia, Reino Unido e Italia (SAGARPA, 2017).

El promedio de importaciones de este fruto por parte de la Unión Americana es de 4,500 a 6,300 toneladas por año; las cuales proceden de Canadá en los meses de julio y agosto, y de México y Chile entre los meses de noviembre y mayo (USDA, 2011).

En cuanto a los problemas de producción la frambuesa es hospedera de diferentes especies de áfidos, como el áfido grande de la frambuesa (*Amphorophora agathonica* H.), el áfido pequeño de la frambuesa (*Aphis rubicola* O.) y el áfido enrollador de la hoja de frambuesa (*Amphorophora idaei* B.); las cuales son vectores de al menos cuatro virus que afectan al cultivo (Funt *et al.*, 2004). Otra plaga de importancia la representan los ácaros, principalmente *Tetranychus urticae* K. plaga que en plantaciones de alta densidad puede causar defoliación prematura (Doughty *et al.*, 1972).

Entre las alternativas de control empleadas destacan el combate por enemigos naturales de las plagas, el control químico, o bien el uso de repelentes naturales.

Estos controles deberán hacerse siempre y cuando en el monitoreo semanal se detecte la presencia de plagas (Lambert *et al.*, 2013).

Una de las alternativas que se considera en la actualidad es la fertilización adecuada en las plantas, lo anterior se fundamenta en que cualquier factor que afecte la fisiología de la planta puede cambiar su resistencia a los insectos plaga.

Painter (1951) demostró que la fertilización afecta la preferencia, antibiosis y tolerancia. Aunado a lo anterior una adecuada fertilización trae beneficios como crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas y maduración oportuna entre otros (Nicholls y Altieri, 2006). Entre los elementos que contribuyen a la resistencia a plagas se encuentra el calcio, que además es el responsable de la turgencia y división celular (Alas y Bustamante 1993). Otro elemento de interés es el silicio, que no es considerado como un elemento esencial, pero tiene efectos benéficos como la disminución de toxicidad por elementos pesados (Datnoff *et al.*, 2007) y en el control de plagas (Dann y Muir, 2002).

El hecho de no utilizar la fertilización como alternativa para el control de plagas y enfermedades obedece a los antagonismos y sinergismos de los elementos, el poco entendimiento que se tiene de sus efectos de toxicidad y deficiencia, las cuales resultan particulares para cada especie (Faust, 1989; Norman, 2008). Con base en todo lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el uso de la fertilización foliar con nitrógeno (N), calcio (Ca) y silicio (Si), como alternativa para evitar el daño por ácaros, confiriendo a las hojas mayor resistencia y reduciendo los costos de producción, así como la producción inocua de la frambuesa en condiciones de invernadero.

3.3. Materiales y métodos

Localización

El experimento se realizó en los meses de junio a noviembre de 2017 dentro del Invernadero del Instituto de Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo, el cual se encuentra a una altitud de 2250 m, con ubicación de 19° 29' 23.5" latitud N y 98°52'21.9" longitud W. El clima predominante en la zona según la clasificación climática de Köppen modificada por García (1988) es un Cb (W0) (W) (i') g, que corresponde a un clima subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura promedio dentro del invernadero durante el tiempo de realización del trabajo fue de 21.5 °C, siendo la mínima de 7.4 °C y la máxima de 41.4 °C.

Material vegetal utilizado

Se utilizaron vástagos de frambuesa roja cv. Autumn Bliss, los cuales fueron seleccionados a partir del material trasplantado en el Campo Agrícola Experimental “San Martín”. Se procedió a hacer una nueva selección del material vegetal para ser establecido en invernadero, y para ello se seleccionaron las plantas más vigorosas de cada tratamiento manteniendo su identificación.

Sustrato

Para el trasplante se utilizó una mezcla de tierra negra con hojarasca (rica en materia orgánica); de la cual se tomaron muestras para ser analizadas en el laboratorio, cuyos datos se presentan en los Cuadros 3.1 y 3.2.

Cuadro 3.1. Características físicas y químicas del suelo orgánico utilizado para el llenado de bolsas en donde se establecieron las plantas de frambuesa roja 'Autumn Bliss'.

Variables físicas y químicas			
	pH	CE, ds/m	MO (%)
Resultado del análisis	7.51	1.99	4.891
Interpretación según Castellanos <i>et al.</i> (2000)	Moderadamente alcalino	Suelo muy bajo en sales	Muy alto

Cuadro 3.2. Fertilidad del suelo orgánico utilizado para el llenado de bolsas en donde se establecieron las plantas de frambuesa roja 'Autumn Bliss'.

Nutriente	Contenido nutrimental (mg·kg ⁻¹)	Interpretación (Castellanos <i>et al.</i> , 2000)
N	1925	Muy alto
P	0.583	Muy bajo
K	1307.28	Muy alto
Ca	2500	Moderadamente alto
Mg	648	Moderadamente alto
Na	143.29	Bajo
Fe	1.486	Muy bajo
Cu	1.945	Alto
Zn	7.834	Alto
Mn	43.567	Alto
Si	36.301	Moderadamente bajo

Diseño experimental y tratamientos

El diseño experimental fue en bloques completamente al azar, de tal modo que los tratamientos participaran tan uniformemente como fuera posible de las mismas condiciones del invernadero dentro de cada bloque. Durante el curso del experimento todas las unidades experimentales dentro de cada bloque fueron tratadas de igual forma; la única diferencia fueron los tratamientos aplicados foliarmente, cuyo efecto se evaluó.

Se aplicaron cinco tratamientos cada uno con cinco repeticiones, cada unidad experimental consistió en una planta de frambuesa, establecida en una bolsa de plástico de 5 L. En el Cuadro 3.3 se presentan los tratamientos, los cuales se aplicaron foliarmente cada 15 días, durante 5 meses. En el Cuadro 3.4 se indica la aportación nutrimental total para cada tratamiento.

Cuadro 3.3. Tratamientos aplicados foliarmente en el cultivo de frambuesa roja cv. Autumn Bliss y fuentes empleadas.

Tratamiento	Fuente	Concentración del elemento en su presentación comercial
Testigo	Agua	-----
3000 Ca	Nitrato de Calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)	12.75 % Ca + 8.10% N
400 N = 0.4 %	Urea foliar (N)	42 % N
1000 Si	Silicato de Potasio (K_2SiO_3)	39.2 % K_2SiO_3
3000 Ca + Si	$(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) + (\text{K}_2\text{SiO}_3)$	12.75 % + 39.2 % + 8.10 %

Los fertilizantes se disolvieron en agua destilada, se agregó el coadyuvante (adherente-dispersante) Dap-Plus a una dosis de $1.0 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$; por último se ajustó el pH entre 5 y 5.5 con ácido sulfúrico (H_2SO_4) y/o hidróxido de sodio (NaOH) a una concentración de 2 N.

Cuadro 3.4. Aportación nutrimental total por cada tratamiento.

Tratamiento	Fuente	N	P	K	Ca	Mg	Si
(mg litro ⁻¹)	mg.litro ⁻¹ aportados						
Testigo	Agua	0	0	0	0	0	0
3000 Ca	($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)	1913.22	0	0	3000	0	0
400 N = 0.4%	Urea foliar	4.0	0	0	0	0	0
	(N)						
1000 Si	(K_2SiO_3)	0	0	2785.5	0	0	1000
3000 Ca + Si	($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)	1913.22	0	2785.5	3000	0	1000
	+ (K_2SiO_3)						

Variables evaluadas

Altura de la planta (AP). A los 150 días después del trasplante, se procedió a medir la altura de los tallos principales con la ayuda de un flexómetro de 5 m, en todas las repeticiones de cada tratamiento, reportando los valores en centímetros (cm).

Diámetro de brotes (DB). Consistió en medir el diámetro de cada repetición de cada tratamiento en la base de cada tallo, con la ayuda de un vernier, los valores se reportaron en centímetros.

Concentración nutrimental (en % para macronutrientos y en mg·kg⁻¹ de materia seca para micronutrientos). Se determinó la concentración nutrimental de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), boro (B) y silicio (Si) de las hojas fuente de las plantas; para lo cual se seleccionaron 15 hojas fuente de cada tratamiento, las cuales se metieron a secar en una estufa con aire forzado marca BINDER.

Para la determinación de los macronutrientos N, P, K, Ca y Mg se pesó una muestra de 0.25 g de materia seca en una balanza analítica digital marca OHAUS modelo Scout Pro. Posteriormente las muestras se sometieron a digestión húmeda con una mezcla de solución diácida de H₂SO₄ y HClO₄ (2:1, v/v) y peróxido de hidrógeno H₂O₂ al 30 %.

Para la determinación de Si se pesó una muestra de 0.15 g de materia seca y se sometió a una digestión húmeda con una mezcla de solución triácida (HNO₃, HClO₄ y H₂SO₄) (10:2:1, v/v).

La determinación de la concentración de N se hizo por el método de microkjeldahl. Y la del resto de los elementos por espectrometría de emisión atómica de inducción con plasma acoplado ICP modelo 725-ES de Agilen® en todos los casos se siguió la metodología descrita por Alcántar y Sandoval (1999).

Número de ácaros vivos encontrados (ACV).

Al inicio del experimento y antes de cada aplicación de los tratamientos se procedió a hacer un conteo de los ácaros presentes en la parte basal, media y apical de los brotes para cada una de las 5 repeticiones de cada tratamiento, en total se realizaron 6 muestreos después del conteo previo, con una diferencia de 15 días entre cada muestreo, de los meses de junio a noviembre de 2017. Cada muestreo se realizó en el foliolo central de las hojas de la planta en la parte basal, media y apical de cada repetición, fueron elegidas hojas al azar que presentaban daños. Estos se realizaron con la ayuda de un lente lupa de 60X marca UEETEK, la cual se adaptó a un teléfono celular marca SAMSUMG J10 con el que se tomaron fotografías y posteriormente se contaron los ácaros presentes en el campo visual, que era de 10 mm de diámetro. Posteriormente con un pincel, se transfirieron los especímenes a un frasco con líquido de Koenike para su conservación (Krantz y Walter, 2009).

Antes de efectuar los montajes para la identificación de los ácaros, se realizó un aclareo, colocando los especímenes en lactofenol a una temperatura de 40°C por 40 minutos aproximadamente, hasta que los ácaros quedaran completamente transparentes, con el objetivo de facilitar la observación de sus estructuras para su identificación.

Se utilizaron portaobjetos con dimensiones 75x25x1 mm y cubreobjetos de un cuarto del tamaño normal (20x20x0.17 mm). Posteriormente se colocó en el centro del portaobjetos una gota de líquido de montaje fitoseide y con la ayuda de un pescador se trasladó el ácaro al líquido con el dorso hacia abajo y con los

apéndices lo mejor extendidos posible, después con la ayuda de una pinza de relojero se colocó el cubreobjetos cuidadosamente.

Al terminar, las preparaciones fueron transferidas a una plancha Lab-Line a una temperatura de 40 °C por períodos cortos de tiempo, evitando el sobrecalentamiento para no estropear el ejemplar y eliminar burbujas de aire. Se dejaron reposar las muestras durante una semana, en posición horizontal, para permitir que seca el líquido de montaje. Al finalizar las muestras se sellaron con la ayuda de un pincel y barniz transparente para porcelana y fueron etiquetadas para proceder a su identificación.

Por último, las características morfológicas de la especie se observaron con un microscopio de contraste de fases. Para la identificación a nivel de orden se tomó como referencia las claves taxonómicas de Krantz y Walter (2009), para el caso de género las claves de Lindquist (1986) y para especie las claves propuestas por Almaguel (1996).

Grosor de hoja (GH). Se cortaron segmentos cuadrados de 0.5 x 0.5 cm por lado del foliolo central de la hoja madura, que incluyera parte de la nervadura central. Se seleccionó 1 hoja basal, 1 hoja media y 1 hoja apical de cada repetición de cada tratamiento: testigo, 3000 mg·L⁻¹ Ca, 1000 mg·L⁻¹ Si, 3000 mg·L⁻¹ Ca + 1000 mg·L⁻¹ Si, 400 mg·L⁻¹ N y se procesaron para hacer preparaciones permanentes, para lo cual las muestras se fijaron en FAA (50 % etanol al 96 % + 5 % ácido acético glacial + 10 % formaldehido al 37 % + 35 % agua); se procesaron para la deshidratación y transparentación en un Histokinette LEICA JUNG® modelo 2000 incluyéndose en parafina Paraplast McCormick Scientific®. El grosor de los cortes

fue de 12 μm , los cuales se obtuvieron con un micrótomo rotatorio Leica® modelo 820, posteriormente se realizó la tinción y montaje de las preparaciones siguiendo la metodología descrita por Avitia (1996). Las preparaciones se observaron en un microscopio de luz transmitida con escala Carl Zeiss® para determinar el grosor de las hojas y número de capas del mesófilo.

Análisis estadístico

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey ($p\leq 0.05$) utilizando el paquete estadístico SAS System versión 9.4 (SAS Institute Inc., 2016).

3.4. Resultados y discusión

Altura de la planta

En el análisis de varianza la altura de planta no resultó con diferencia estadística significativa. La tendencia de los datos demostró que las plantas más altas se obtuvieron en el tratamiento donde se aplicó calcio/silicio (Cuadro 3.5); mientras que el testigo obtuvo valores inferiores a 147 cm de altura. La fertilización con urea no mostró efectos significativos en la altura de planta.

Aun cuando los tratamientos no tuvieron el efecto esperado no significa que la fertilización no interactúe con la altura de planta ya que el testigo fue el que menor altura tuvo en comparación con aquellos que si fueron fertilizados foliarmente.

Crandall (1995) indica que la longitud del tallo influye en el rendimiento, pues a mayor altura, más nudos y mayor será el número de nudos con inflorescencias y por consiguiente el rendimiento.

Cuadro 3.5. Medición de altura y diámetro en planta de frambuesa roja cv. Autumn Bliss en diversos tratamientos nutrimientales

Tratamiento	Altura	Diámetro
		(cm)
Testigo	146.6 a	0.66 a
3000 Ca	170.0 a	0.68 a
400 N	177.6 a	0.70 a
1000 Si	154.6 a	0.62 a
3000 Ca+ Si	210.6 a	0.70 a
CV	27.47	17.23
DMSH	89.372	0.219

CV: coeficiente de variación; DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Diámetro de brotes

Al igual que para la altura de planta, el diámetro de los brotes no presentó diferencias significativas. La diferencia entre el tallo más delgado y el más grueso

fue de 0.8 cm. Los tratamientos con urea, calcio y calcio/silicio tuvieron valores cercanos; mientras que el testigo superó por 0.06 cm al tratamiento con silicio (Cuadro 3.5). No se observó correspondencia alguna entre el tamaño de planta y el diámetro de los brotes.

Aunque no hay diferencia significativa entre los tratamientos el papel del Ca destaca en las variables medibles, pues según Rodríguez (1996), las carencias de este elemento se manifiestan con una menor capacidad de síntesis de proteínas, menor desarrollo radical, clorosis en hojas jóvenes y poco crecimiento de los tallos.

Concentración nutrimental

El calcio (Ca), en el sustrato empleado se encontró en una concentración de 2500 ppm, considerada por Castellanos *et al.* (2000), como moderadamente alta, lo que se reflejó en las concentraciones del elemento en la planta, que oscilaron entre 1.74 y 1.96 %, en un estado nutrimental de suficiencia (Cuadro 1.1), sin embargo, no se presentó diferencia estadística significativa entre los tratamientos aplicados (Cuadro 3.6).

La concentración de nitrógeno (N) en el sustrato fue de 1925 ppm considerada en un nivel muy alto según Castellanos *et al.* (2000). En el tratamiento donde se aplicó Si ($1000 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$) se tuvo la más alta concentración de N (1.84%), este efecto se atribuye a que el silicio (Si) optimiza la fertilidad del suelo, mantiene los

nutrimentos en forma disponible para la planta y mejora las propiedades hídricas, físicas y químicas (Snyder *et al.*, 2007).

En el caso del fósforo (P) se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas; en el sustrato se encontró en una concentración de $0.583 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ dentro de un rango muy bajo concordante con lo que mencionan Ortíz y León (1982) quienes dicen que dentro de los macronutrimentos, el fosforo (P) es uno de los comúnmente limitantes en el desarrollo y rendimiento de la planta, ya que la proporción de fosforo disponible en los suelos es naturalmente baja y aún más en suelos con alta capacidad de retención.

Por el contrario, la concentración foliar del fósforo fue de (0.66 %) dentro de un nivel de exceso (Cuadro 1.1), este valor se dio cuando se aplicó el tratamiento Si ($1000 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$), de igual modo Sawarkar y Pathak (1985), encontraron respuestas directamente proporcionales a la aplicación de silicatos sobre el rendimiento y la concentración foliar de fósforo y silicio en plantas de maíz. También se atribuye el efecto benéfico de la adición de silicatos a un desplazamiento de los fosfatos retenidos en los sitios de adsorción del suelo. Otros atribuyen al silicio un efecto nutrimental dentro del metabolismo vegetal, que podría sustituir en cierta forma al fósforo (Okuda, 1964).

El potasio (K) en el suelo se encontró en un nivel muy alto, $1307.28 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, mientras que foliarmente estaba en un rango de deficiencia 0.49 a 0.55 % (Cuadro 1.1), no se presentaron diferencia estadísticas significativas entre tratamientos.

Cuadro 3.6. Concentración foliar de macronutrientos para diferentes tratamientos de fertilización foliar en plantas de frambuesa roja 'Autumn Bliss' creciendo en condiciones de invernadero.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg
mg·litro ⁻¹					%
Testigo	1.58 a	0.32 b	0.50 a	1.96 a	0.66 a
3000 Ca	1.54 a	0.36 b	0.50 a	1.74 a	0.55 a
400 N	1.10 b	0.02 c	0.54 a	1.81 a	0.53 a
1000 Si	1.84 a	0.66 a	0.49 a	1.81 a	0.59 a
3000 Ca+Si	1.47 ab	0.40 b	0.55 a	1.84 a	0.56 a
CV	9.63	8.79	10.23	16.42	8.61
DMSH	0.38	0.12	0.14	0.81	0.13

CV: coeficiente de variación; DMSH: diferencia mínima significativa honesta. Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Cuadro 3.7. Concentración foliar de micronutrientos para diferentes tratamientos de fertilización foliar en plantas de frambuesa roja 'Autumn Bliss' creciendo en condiciones de campo.

Tratamiento	B	Cu	Fe	Zn	Si		
	mg·litro ⁻¹		mg.kg ⁻¹ MS				
Testigo	135.18 a	0.79 a	274.07 a	47.04 a	69.55 b		
3000 Ca	109.87 b	0.94 a	217.02 a	44.53 a	48.28 b		
400 N	119.82 ab	0.63 a	208.51 a	55.95 a	90.73 ab		
1000 Si	124.64 ab	0.86 a	314.62 a	61.50 a	166.48 a		
3000 Ca+Si	124.75 ab	0.54 a	208.51 a	57.00 a	79.96 b		
CV	4.95	46.44	27.94	19.14	32.39		
DMSH	16.35	0.93	207.06	27.37	79.21		

MS: materia seca; CV: coeficiente de variación; DMSH: diferencia mínima significativa honesta. Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

En el caso del boro (B) las concentraciones se encuentran dentro de un rango de 109.87 a 135.18 mg·kilo⁻¹, en un nivel excesivo (Cuadro 1.1), en este caso si se presentaron diferencia estadísticas significativas (Cuadro 3.7). Alarcón (2001) menciona que las funciones fisiológicas del boro no están todavía aclaradas totalmente, pero desempeña un papel esencial en el transporte de azúcares, en la síntesis de sacarosa, en el metabolismo de los ácidos nucleicos, en la biosíntesis de carbohidratos, en la fotosíntesis, metabolismo proteico y en la síntesis y estabilidad de las paredes y membranas celulares. Las deficiencias de B reducen

la producción de polen viable y su germinación, así como la expansión del receptáculo (Neilson y Eaton, 1983).

A pesar de no presentar diferencias estadísticas significativas, el Fe presentó concentraciones muy altas de 208.51 a 208.51 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en un nivel de exceso (Cuadro 1.1), en general el Fe es el micronutriente en mayor concentración tanto en los frutos como en el resto de órganos de la planta. Su deficiencia tiene como consecuencia la reducción del rendimiento y el aborto de frutos.

El tratamiento a base de silicio fue el que tuvo la mayor concentración de este elemento 166.48 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, esto se atribuye a la relación sinérgica que hubo con el potasio (K) presente en la formulación aplicada en ese tratamiento (K_2SiO_3).

Identificación taxonómica del ácaro

Se encontró que los especímenes colectados pertenecen a la familia Tetranychidae (Orden Prostigmata), género *Tetranychus* especie *urticae*.

Se observó la presencia de quelíceros largos y curvados a manera de estiletes retráctiles insertados en una placa formada por los artejos basales de los mismos quelíceros, llamada estilóforo (Figura 3.1 A), además de dos pares de setas dobles en los tarsos I (Figura 3.1 B); uñas verdaderas vestigiales que terminaban cada una en un par de onicotríquias (Figura 3.1 C); no presentaron tricobotrias. Se distinguió de otras especies del género por la ornamentación del dorso del histerosoma, con forma de diamante entre las setas dorsocentrales 3 y 4 (Figura 3.2 A), con dos pares de setas anales y un par de para-anales (Figura 3.2 B) y en el macho, edeago que tienen una curvatura hacia el dorso y una forma típica (Figura 3.2 C) (Anaya, 1999).

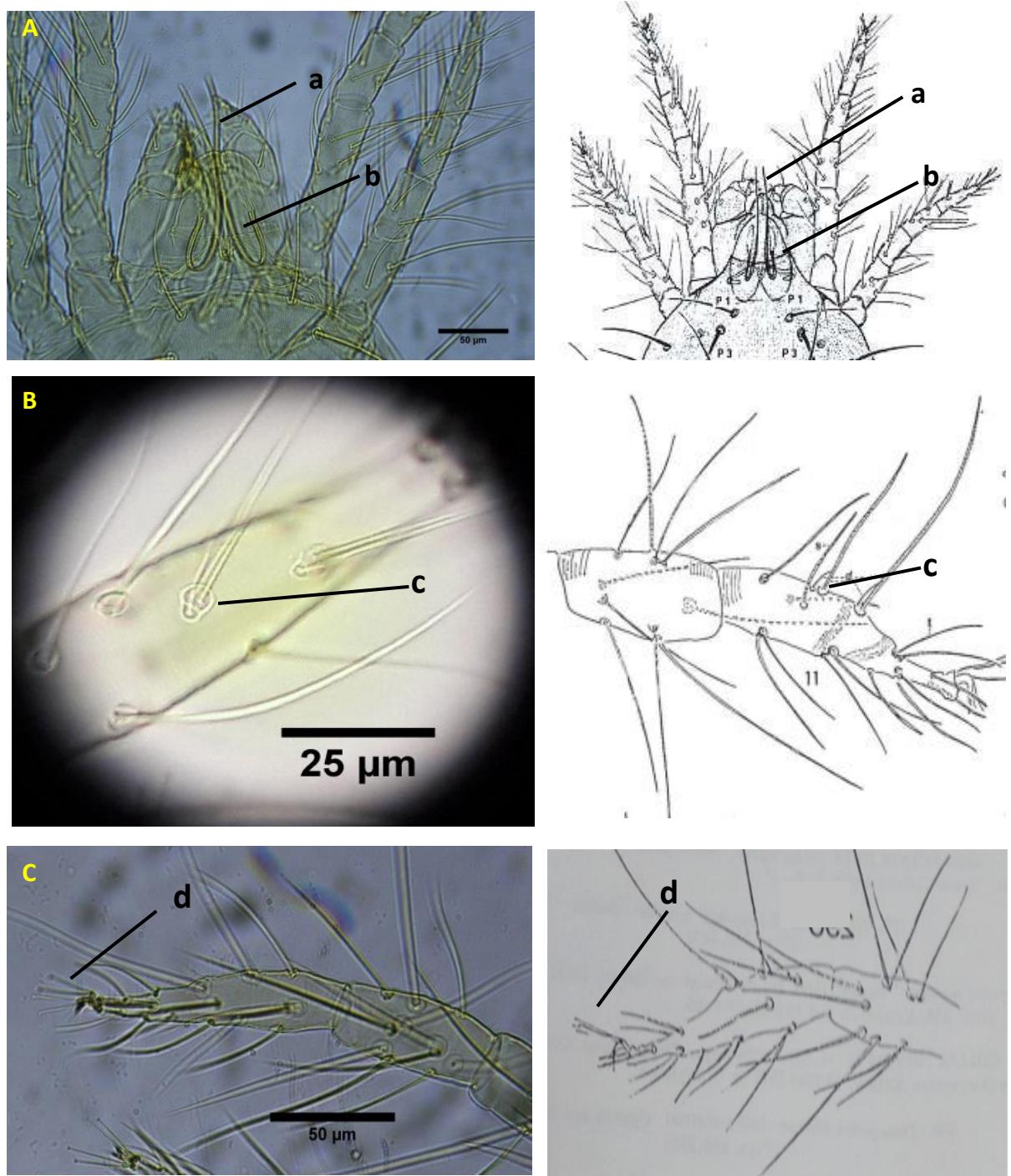


Figura 3.1. Fotografías y esquemas de las características morfológicas del ácaro *Tetranychus urticae*, observadas en posición dorsal. En fotografía y esquema A: (a) quelíceros, (b) peritrema. En fotografía y esquema B: (c) setas dobles en tarsos I. En fotografía y esquema C: (d) onicotríquias.

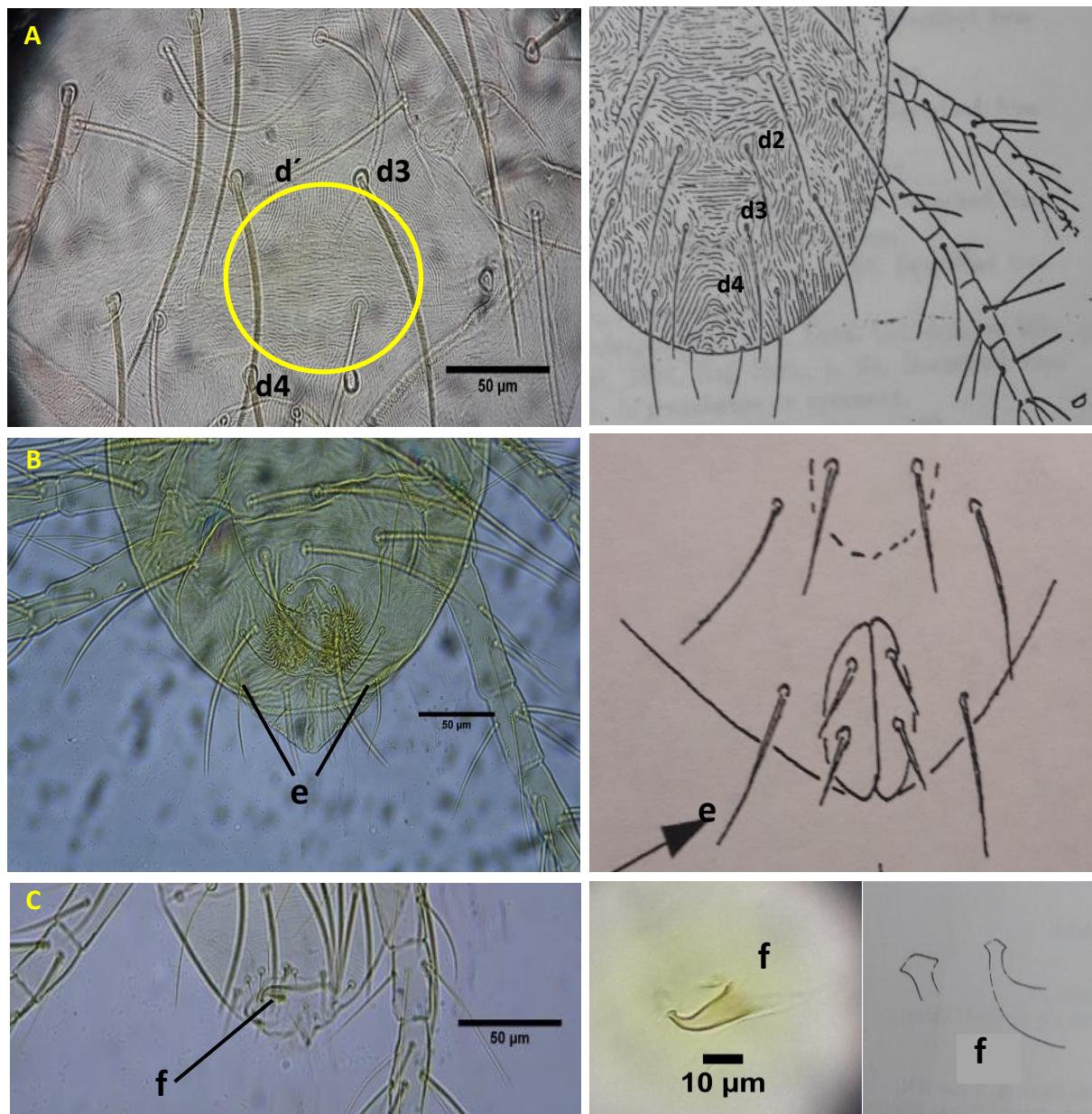


Figura 3.2 Características morfológicas de *Tetranychus urticae*, observadas en posición ventral. En fotografía y esquema A: (d') hysterosoma con forma de diamante entre las setas dorsocentrales d3 y d4. En fotografía y esquema B: (e) par de setas para-anales. En fotografía y esquema C se observa el macho donde: (f) edeago.

Número de ácaros vivos encontrados

Para todos los conteos se promedió el número de ácaros vivos localizados en la hoja basal, media y apical de las cinco repeticiones de cada tratamiento. El conteo inicial, se realizó antes de la aplicación de las fertilizaciones foliares, 30 días después del trasplante, en este, solo se identificaron los tratamientos y sus respectivas repeticiones. Los tratamientos que presentaron mayor cantidad de ácaros vivos contabilizados fueron donde se aplicó N y Ca (Cuadro 3.8).

Desde la primera aplicación de las fertilizaciones foliares (45 días después del trasplante) hay un descenso en las poblaciones de ácaros; sin embargo no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Cuadro 3.9).

Fue hasta los 75 días después del trasplante donde se presentaron diferencias estadísticamente significativas, encontrándose que el tratamiento donde se aplicó Ca, fue donde se encontró la menor cantidad de ácaros vivos (Cuadro 3.11), al igual que a los 90 días después del trasplante donde fue el Ca y el Ca + Si donde hubo menor presencia de la plaga (Cuadro 3.12).

Cuadro 3.8. Número promedio de ácaros a 30 días después del trasplante, contabilizados en una superficie de 10 mm de diámetro en hojas basal, media y apical de brotes de frambuesa roja 'Autumn Bliss'.

Tratamiento	Hoja basal	Hoja media	Hoja apical
Testigo	3.6 a	2.8 a	4.0 a
3000 Ca	6.0 a	3.8 a	6.2 a
400 N	7.6 a	6.0 a	6.0 a
1000 Si	6.0 a	3.8 a	2.0 a
3000 Ca+Si	2.2 a	4.2 a	2.8 a
CV	83.89	85.33	85.12
DMSH	8.06	6.65	6.76

CV: coeficiente de variación, DMSH: diferencia mínima significativa honesta. Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Cuadro 3.9. Número promedio de ácaros a 45 días después del trasplante, contabilizados en una superficie de 10 mm de diámetro en hojas basal, media y apical de brotes de frambuesa roja 'Autumn Bliss'.

Tratamiento	Hoja basal	Hoja media	Hoja apical
Testigo	1.4 a	1.6 a	3.2 a
3000 Ca	1.2 a	1.2 a	1.0 a
400 N	1.6 a	2.0 a	1.0 a
1000 Si	0.6 a	0.6 a	1.4 a
3000 Ca+Si	0.4 a	1.6 a	0.6 a
CV	73.23	78.9	115.37
DMSH	1.44	2.09	3.14

CV: coeficiente de variación, DMSH: diferencia mínima significativa. Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Cuadro 3.10. Número promedio de ácaros a 60 días después del trasplante, contabilizados en una superficie de 10 mm de diámetro en hojas basal, media y apical de brotes de frambuesa roja 'Autumn Bliss'.

Tratamiento	Hoja basal	Hoja media	Hoja apical
Testigo	1.8 a	1.6 a	2.2 a
3000 Ca	0.8 a	0.6 a	0.8 a
400 N	2.0 a	2.2 a	1.8 a
1000 Si	3.0 a	2.6 a	1.6 a
3000 Ca+Si	1.2 a	0.4 a	2.0 a
CV	82.73	110.61	85.85
DMSH	2.75	3.09	2.72

CV: coeficiente de variación, DMSH: diferencia mínima significativa. Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Cuadro 3.11. Número promedio de ácaros a 75 días después del trasplante, contabilizados en una superficie de 10 mm de diámetro en hojas basal, media y apical de brotes de frambuesa roja 'Autumn Bliss'.

Tratamiento	Hoja basal	Hoja media	Hoja apical
Testigo	2.0 ab	2.2 a	1.2 a
3000 Ca	0.8 a	1.6 a	1.6 a
400 N	2.2 ab	4.6 a	3.0 a
1000 Si	4.0 b	5.2 a	2.4 a
3000 Ca+Si	1.6 ab	1.8 a	2.2 a
CV	69.00	111.25	72.91
DMSH	2.76	6.48	2.87

CV: coeficiente de variación, DMSH: diferencia mínima significativa honesta. Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Cuadro 3.12. Número promedio de ácaros a 90 días después del trasplante, contabilizados en una superficie de 10 mm de diámetro en hojas basal, media y apical de brotes de frambuesa roja 'Autumn Bliss'.

Tratamiento	Hoja basal	Hoja media	Hoja apical
Testigo	1.8 a	2.4 a	2.2 ab
3000 Ca	1.8 a	2.0 a	0.8 a
400 N	2.0 a	2.2 a	2.8 b
1000 Si	2.6 a	1.8 a	3.2 b
3000 Ca/Si	1.8 a	2.8 a	1.4 ab
CV	72.11	64.38	46.11
DMSH	2.72	2.72	1.81

CV: coeficiente de variación, DMSH: diferencia mínima significativa honesta. Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Cuadro 3.13. Número promedio de ácaros a 105 días después del trasplante, contabilizados en una superficie de 10 mm de diámetro en hojas basal, media y apical de brotes de frambuesa roja 'Autumn Bliss'.

Tratamiento	Hoja basal	Hoja media	Hoja apical
Testigo	2.0 a	1.6 a	2.4 a
3000 Ca	0.2 a	0.6 a	1.0 a
400 N	2.2 a	1.6 a	1.2 a
1000 Si	1.2 a	1.4 a	1.0 a
3000 Ca+Si	1.6 a	0.8 a	0.8 a
CV	84.48	86.6	100.05
DMSH	2.30	1.96	2.42

CV: coeficiente de variación, DMSH: diferencia mínima significativa honesta. Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Cuadro 3.14. Número promedio de ácaros a 120 días después del trasplante, contabilizados en una superficie de 10 mm de diámetro en hojas basal, media y apical de brotes de frambuesa roja 'Autumn Bliss'.

Tratamiento	Hoja basal	Hoja media	Hoja apical
Testigo	0.8 a	0.8 a	1.4 a
3000 Ca	0.8 a	1.4 a	0.8 a
400 N	2.0 a	1.6 a	0.4 a
1000 Si	2.0 a	1.8 a	1.4 a
3000 Ca+Si	1.2 a	0.6 a	1.6 a
CV	70.53	74.79	137.74
DMSH	1.81	1.75	2.91

CV: coeficiente de variación, DMSH: diferencia mínima significativa honesta. Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Se encontró que la posición de la hoja en donde se llevaron a cabo los conteos, en este estudio no influyó en la presencia de los ácaros fitófagos

Para el tratamiento Ca, los valores promedio de población del ácaro de la parte apical, media y basal fueron a los 30 días después del trasplante 5.3, a los 45, 1.13, a los 60, 0.7, a los 75, 1.3, a los 90, 1.5, a los 105, 0.6 y a los 120, 1.0.

Para el tratamiento de Ca + Si los valores del promedio de población del ácaro obtenidos de la parte apical, media y basal fueron a los 30 días después del trasplante 3.06, a los 45 días 0.8 ácaros, a los 60 días 1.2, a los 75 días 1.8, a los 90 días 2, 105 días 1.0, a los 120 días 1.13.

La baja incidencia de ácaros no cumple con la distribución recomendada por Medel *et al.* (2006). Desde el primer conteo el número de ácaros vivos estuvo por debajo de lo reportado por Monroy *et al.* (2015) en su evaluación de acaricida Torque 500 SC en frambuesa.

Aunque las condiciones ambientales en invernadero fueron óptimas para el desarrollo de la plaga, existió una baja tendencia del ácaro al cultivar, pues eran plantas que fueron trasplantadas de un ciclo previo en donde se aplicaron los mismos tratamientos, en los cuales los elementos en concentraciones más altas fueron Ca y Ca+Si (Datnoff, 1991).

Los valores obtenidos en el presente estudio no manifiestan la tendencia propuesta por Slansky y Rodríguez (1987) quienes postularon que el número de ácaros se incrementa con la fertilización nitrogenada, puesto que al aplicar la urea el número de ácaros vivos disminuyó de 7.6 a 1; aun así, es muy importante considerar que un solo ácaro es capaz de ovipositar al menos 100 huevecillos, en climas cálidos (Castiglioni *et al.*, 2002).

Dann y Muir (2002) reportaron que las acumulaciones de silicio en las hojas contribuyen a disminuir la incidencia de plagas. Esto puede atribuirse a la barrera física que forma este elemento en la planta (Van Bockhaven *et al.*, 2013). Este supuesto se cumplió en forma parcial, debido a que fue hasta el cuarto conteo que el número de ácaros empieza a disminuir. Aunque de acuerdo con Medel *et al.* (2006) el número de ácaros es bajo para poder estimar una tendencia de los tratamientos.

Características de las hojas

Al observarse los cortes anatómicos en microscopio óptico, se encontró lo siguiente. En el testigo (agua), se encontraron de 1 a 2 capas del parénquima en empalizada, 3 a 4 capas de parénquima esponjoso con pocos espacios intercelulares, epidermis de una capa de células, con células más grandes en el haz, presencia de drusas, células de colénquima en la nervadura central y presencia de tricomas en el envés (Figura 3.3 A y B).

En el tratamiento Ca ($3000 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$), se encontraron 1 a 2 capas de células del parénquima en empalizada, 3 a 4 capas de parénquima esponjoso, con muchos espacios intercelulares, epidermis con células semejantes en ambas superficies, presencia de drusas, células de colénquima en la nervadura central y presencia de tricomas en el envés (Figura 3.3 C y D).

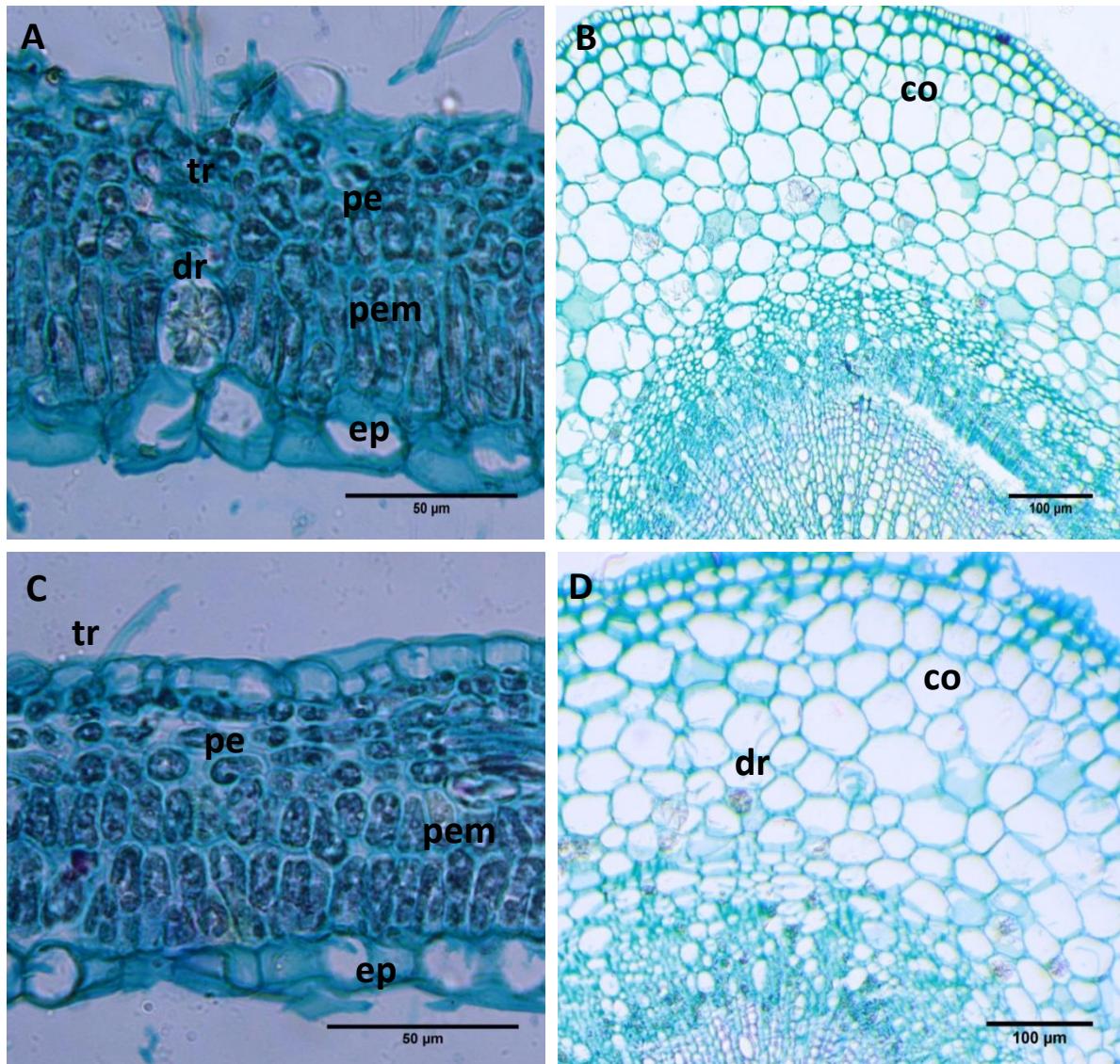


Figura 3.3 Corte longitudinal de hoja de frambuesa cv. Autumm Bliss (A y B) y nervadura central (C y D). En donde se observan: el parénquima esponjoso (pe); parénquima en empalizada (pem); epidermis (ep); tricomas (tr); drusas (dr) y colénquima (co).

En el tratamiento de N (4% N) se encontraron 1 a 2 capas de células del parénquima en empalizada, 3 a 4 capas de parénquima esponjoso, con pocos espacios intercelulares, epidermis con células más grandes en el haz, presencia de drusas, células de colénquima en la nervadura central, presencia de tricomas en el envés (Figura 3.4 E y F).

Para el caso del silicio se observó, 1 a 2 capas de células del parénquima en empalizada, 3 capas de parénquima esponjoso, con pocos espacios intercelulares, epidermis con células más grandes en el haz, presencia de drusas, células de colénquima en la nervadura central (Figura 3.4 G y H).

EL tratamiento Ca y Si ($3000 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ Ca + $1000 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ Si) tuvo 1 a 2 capas de células del parénquima en empalizada, 2 a 3 capas de parénquima esponjoso, con pocos espacios intercelulares, epidermis con células más grandes en el haz, presencia de drusas, células de colénquima en la nervadura central y presencia de tricomas en el envés (Figura 3.4 I y J).

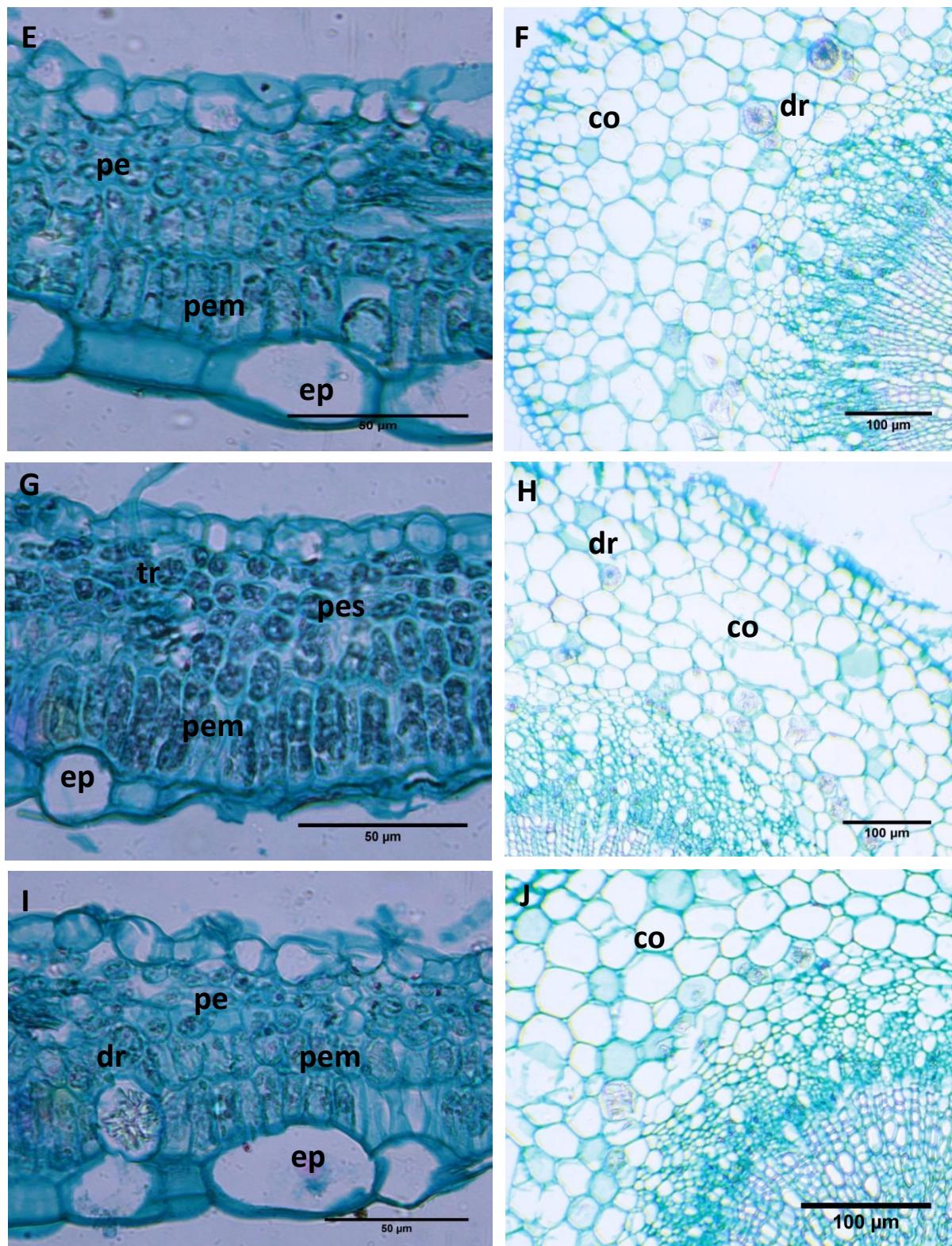


Figura 3.4. Corte longitudinal de hoja de frambuesa cv. Autumn Bliss (E, G, e I) y nervadura central (F, H y J). En donde se observan el parénquima esponjoso (pe), parénquima en empalizada (pem), epidermis (ep), tricomas (tr), drusas (dr) y colénquima (co).

Además se presentaron diferencias significativas, encontrándose que el tratamiento que contenía sólo calcio ($3000 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$) fue el que presentó un mayor grosor de hoja, con una media de $100.36 \mu\text{m}$; seguido del testigo con una media de $94.29 \mu\text{m}$, teniendo una diferencia de $6.07 \mu\text{m}$ con respecto al grosor (Cuadro 3.15).

Cuadro 3.15. Grosor de hojas de frambuesa roja cv. Autumn Bliss obtenidas por cada tratamiento.

Tratamiento	Media del grosor (μm)
Testigo	94.29 ab
3000 Ca	100.36 a
400 N	90.71 ab
1000 Si	86.79 b
3000 Ca+Si	82.14 b
CV	8.73
DMSH	12.30

CV: coeficiente de variación, DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

El calcio por si solo es capaz de afectar el grosor de hoja, mientras que al aplicarlo con algunos otros elementos su efecto se ve disminuido al presentarse efectos antagónicos. La competencia que se da entre los iones puede darse por la entrada

a un mismo canal proteico o por la unión a una proteína transportadora (Castellanos *et al.*, 2000).

En el caso del silicio, después de absorberse, se desplaza rápidamente a las hojas, gracias a la transpiración (Ma, 2003). En las hojas se concentra en el tejido epidérmico como una capa fina de membrana de sílice-celulosa, asociada con pectina y iones calcio (Waterkeyn *et al.*, 1982). De este modo, la doble capa cuticular puede proteger y fortalecer mecánicamente las estructuras de la planta (Yoshida, 1965).

3.5. Conclusiones

A pesar de que no hubo diferencias estadísticamente significativas, las plantas más altas fueron aquellas que se fertilizaron con la combinación de Ca y Si.

El calcio fue el elemento que se acumuló en mayor medida en la hoja y que formó hojas más gruesas, además se encontraron muchos espacios intercelulares, asimismo fue en este tratamiento donde se presentó la menor incidencia de ácaros vivos; la combinación de calcio y silicio también presentó niveles bajos de población de ácaros.

Se encontró que los especímenes colectados pertenecen a la familia Tetranychidae (Orden Prostigmata), género *Tetranychus* especie *urticae*.

En este estudio se percibió que la organización intercelular del parénquima, estuvo relacionada con la preferencia del ácaro en su alimentación.

3.6. Literatura citada

- ALAS, G.J., BUSTAMANTE, E. 1993. Efecto del fósforo y del calcio en la severidad del tizón temprano (*Alternaria solani*) en tomate, a nivel de invernadero. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 29:1-5.
- ALARCÓN V. A. L. 2001. El boro como nutriente esencial. Parte I: Aspectos fisiológicos y dinámica en suelo. Universidad Politécnica de Cartagena. 12 p.
- ALCÁNTAR, G.G.; SANDOVAL V.M. 1999. Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México. 156 p.
- ALMAGUEL, L. 1996: Ácaros de importancia económica en Cuba, Boletín técnico no. 2, CID Inisav, La Habana, Cuba, 55 p.
- ANAYA, R. S. 1999. Hortalizas plagas y enfermedades. Editorial Trillas, S.A. de C.V. México, Distrito Federal. 544 p.
- AVITIA, G.E. 1996. Anatomía Precigótica y Postcigótica en Relación al Aborto de Óvulos y Semillas en *Spondias purpurea* L. Tesis de Doctorado. Instituto de Recursos Naturales. Programa de Botánica. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco. Estado de México. 118 p.
- CASTELLANOS, J.Z., UVALLE, B.J.X., AGUILAR S.A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2^a. ed. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola . Colección INCAPA. Celaya, Guanajuato, México. 226 p.

CASTIGLIONI, E; VENDRAMIN, J.D; TAMAI M.A. 2002. Evaluación del efecto tóxico de extractos acuosos y derivados de meliáceas sobre *Tetranychus urticae* Koch (Ácaro, Tetranychidae). Consultado en 20 oct. 2010. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/agrociencia/VOL6/2/p75-82.pdf>

CRANDALL, P. C. 1995. Bramble production: The management and marketing of raspberries and blackberries. Food Products Press. 213 p.

DANN, E., y MUIR, S. 2002. Peas grown in media with elevated plant-available silicon levels have higher activities of chitinases and β -1,3-glucanase, are less susceptible to a fungal leaf spot pathogen and accumulate more foliar silicon. Australian Plant Pathology, 31: 9-13.

DATNOFF, L.E., 1991. Effect of Calcium Silicate on Blast and Brown Spot and Yields of Rice. Plant Disease. 75(7): 729

DOUGHTY, C.C., CRANDALL, P. C., SHANKS, C. H. Jr. 1972. Cold injury to red raspberries and the effect of premature defoliation and mite damage. Journal of the American Society for Horticultural Science 97:670-673.

FAUST, M. 1989. Physiology of temperate zone fruit trees. John Wiley and Sons, Nueva York. 322 p.

FUNT, R.C, ELLIS, M.A, WELTY, C. 2004. Midwest small fruit pest management handbook, The Ohio State University Extension, Columbus, 861:126-130.

GARCÍA, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 4^a ed. OSET Larios, México. 71p.

KRANTZ, G. W. y WALTER D.E., 2009. A Manual of Acarology. Third Edition. Texas Tech University. U.S.A. 807 p.

- LAMBERT, L., LAPLANTE, G.H., CARISSE, O., VINCENT, C. 2013. Diseases, pests and beneficial organisms of Strawberry, Raspberry, and Blueberry. The American Phytopathological Society. Minnesota, USA. 343 p.
- LINDQUIST, E., 1986. The world genera of Tarsonemidae (Acari: Heterostigmata): a morphological, Phylogenetic, and systematic revision, with a reclassification of family-group taxa in the Heterostigmata. Mem. Entomol. Soc. Can. 136: 1-517.
- MA, J.F. 2003. Function of silicon in higher plants. Prog. Mol. Subcell. Biol. 33:127– 147.
- MEDEL M.; REBOLLEDO V. R. Y KLEIN C. K. 2006. Fluctuación poblacional de ácaros asociados a manzano y peral en el Llano Central de la IX región de La Araucanía, Chile. Idesia. 24 (2): 25-33.
- MONROY R. B., POSOS P. P. y PARRA O. A. P. 2015. Control de araña roja *tetranychus urticae* (acari: tetranychidae) utilizando el acaricida torque 500 sc (óxido de fenbutatin) en el cultivo de frambuesa. Entomología Mexicana. 2:332-338.
- NEILSON, B.V.; EATON G.W. 1983. Effects of boron nutrition upon strawberry yield components. HortScience 18:932-934.
- NICHOLLS, C. I., ALTIERI, M. 2006. Manejo de la fertilidad de suelos e insectos plaga: armonizando la salud del suelo y la salud de las plantas en los agroecosistemas. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica), 77(8), 8-16.
- NORMAN S. I. 2008. Nutrición foliar y defensa natural. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. 29: 31-38.

OKUDA, A. 1964. The role of the silicon. Annual report IRRI. Los Baños-Filipinas. 123- 145.

ORTIZ, G. y LEÓN A. 1982. Efecto de la época de aplicación de dos enmiendas en la disponibilidad de fósforo en un Oxisol de Carimagua, Colombia. Suelos Ecuatoriales. Vol. XII. No. 2.

PAINTER, R.H. 1951. Insect resistance in crop plants. Lawrence, KS, University of Kansas Press. 251 p.

RODRÍGUEZ, F. 1996. Fertilizantes, nutrición vegetal. AGT editor. Tercera reimpresión, Mexico, D.F. 103 p.

SAGARPA, 2017. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/boletines/Paginas/JJA_00201_07.aspx

SAS INSTITUTE INC. 2016. Base SAS 9.4. Procedures Guide. 2a edition. Volumes 1, 2, 3 y 4. Cary, NC: SAS Institute Inc. 1906 p.

SAWARKAR, M.J. y PATHAK B.K. 1985. Effect of silicate and phosphate application on nutrition of maize. Journal of the Indian Society of Soil Science. Vol. 33. No. 4.

SLANSKY, F., RODRIGUEZ, J.G. 1987. Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates. New York, US, Wiley. 320 p.

SNYDER, G.H.; MATICHENKOV, V.V.; DATNOFF, L.E. 2007. Silicon. in Handbook of Plant Nutrition. Barker, A.V. and Pilbeam, D.J. (eds.). Taylor & Francis Group. CRC Press. Boca Raton, FLA. 121-144 p.

USDA, 2011. Economics, Statistics and Market Research System, Fruit and Tree Nut Yearbook Report.

<http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewStaticPage.do?url=http://usda01.library.cornell.edu/usda/ers//89022/2011/index.html>

VAN BOCKHAVEN, J., VLEESSCHAUWER, D.D., HOFTE, M. 2013. Towards establishing broad-spectrum disease resistance in plants: silicon leads the way. *Journal of Experimental Botany*, 64: 1281–1293.

WATERKEYN, L.; BIENTAIT, A.; PEETERS, A. 1982. Callose et silice epidermiques rapports avec la transpiration culticulaire. *La Cellule* 73:263–287.

YOSHIDA, S. 1965. Chemical aspects of the role of silicon in physiology of the rice plant. *Bull. Nat. Inst. Agric. Sci. Series B* 15:1–58.