



Dirección de Investigación

Subdirección de Programación y Evaluación



Proyecto de Investigación 2018

HORA: SUBDIRECCIÓN DE PROGRAMACIÓN Y EVALUACIÓN

Unidad:	Saltillo	División:	Agronomía	Departamento:	Parasitología
Tema estratégico (ANA/PEP):	Biotecnología				
Línea de investigación:	Fitopatología				
Título del proyecto:	Identificación y cuantificación de compuestos volátiles en plantas de papa infestadas con <i>Bactericera cockerelli</i> Sulc				
Presupuesto solicitado (Máximo \$75,000)	\$ 160,000.00	El proyecto es:	Nuevo	Continuación	X
Tipo de investigación:	Básica	X Aplicada	Tecnológica	e-mail del responsable	aflooli50@gmail.com
Vinculación:	Si	No	Fondos concurrentes:		
Cooperante(s):					
Entidad (es):	Coahuila	Municipio (s):	Saltillo		
Localidades:	Saltillo				
A realizar durante el(los) año(s):	2016-2018				

Participantes		Adscripción (Clave Depto.)	Expediente No.	Firma
Responsable	Dr. Alberto Flores Olivas	Parasitología	2289	
Colaborador:	Dr. José Humberto Valenzuela Soto	CIQA	Externo	
Colaborador:	Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo	Parasitología	2022	
Colaborador:	Dra. Yolanda Rodríguez Pagaza	Parasitología	100067	
Colaborador:				
Colaborador:				
		Grado por obtener	Matrícula	Firma
Tesista:	Juan Mayo Hernández	Doctorado en Ciencias	41071253	
Programa Docente:	Doctorado en Ciencias en Parasitología Agrícola			
Tesista:				
Programa Docente:				
Tesista:				
Programa Docente:				

Vo. Bo.		Autoriza	
Firma y sello			
	Nombre <b>Dr. Ernesto Cerna Chávez</b> Jefe de Departamento		Dr. Armando Robledo Olivo Subdirector de Programación y Evaluación

• Cada Jefe de Departamento deberá dejar copia para su archivo



1.-Titulo del proyecto	Presupuesto solicitado:
Identificación y cuantificación de compuestos volátiles en plantas de papa infestadas con <i>Bactericera cockerelli</i> Sulc	160,000.00

2.- Introducción

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es una planta herbácea anual que puede alcanzar un metro de altura y produce tubérculos ricos en almidón. En México ocupa el quinto lugar en importancia alimenticia, después del maíz, frijol, arroz y trigo con un consumo per cápita de 16 kg (SIAP, 2014). En nuestro país la producción anual es de 1,678,833.03 ton/año con una superficie sembrada de 61,454.34 has. Siendo los principales estados productores Sonora, Sinaloa, Veracruz, Puebla, Edo. de México y Nuevo León, aportando un 75% aproximadamente de la producción nacional (SIAP, 2014). Este cultivo es importante, además de su valor nutricional demanda una gran cantidad de jornales de trabajo durante la siembra, cosecha, comercialización y demás actividades relacionadas con su producción (CONPAPA, 2015). La producción del cultivo de papa se ve afectado por diferentes limitantes, tales como los costos de producción elevados que oscilan entre los 180-200 mil pesos por hectárea (SAGARPA, 2013) además de las diferentes plagas en las que se encuentra *Bactericera cockerelli*, insecto vector de la bacteria "*Candidatus Liberibacter solanacearum*" (CaLso) (Hansen *et al.*, 2008). Las plantas infectadas con CaLso producen tubérculos con rayas color café, que al momento del freído se tornan de color más oscuro (Munyanza *et al.*, 2008). Esta enfermedad ha causado pérdidas de millones de dólares a la industria y en campo daños de 80%-100% (Flores *et al.*, 2004). El control de CaLso depende directamente del manejo que se le dé a su insecto vector, el control químico es el más usado, es caro y reduce las poblaciones de enemigos naturales además de que puede generar resistencia del insecto al ingrediente activo (Gharalari *et al.*, 2009; Liu y Trumble, 2007). En control biológico se ha reportado el uso de insectos depredadores y parasitoides (O'Connell *et al.*, 2012; Pugh, 2013; Hoddle y Pandey, 2014; Yefremova *et al.*, 2014; Burckhardt y Ouvrard, 2012). El uso de semioquímicos es otra alternativa para el control de *B. cockerelli*, estos compuestos orgánicos volátiles (COVs) modifican el comportamiento del insecto (Reddy y Guerrero, 2004). Otra de las funciones que tienen los COVs es la atracción de insectos parasitoides y/o depredadores, comunicación entre plantas, activación de genes de defensa y actividad microbiana (Reddy y Guerrero, 2004; Fürstenberg-Hägg *et al.*, 2013). En México son pocos los trabajos realizados sobre COVs en la interacción planta-insecto (Contreras, 2011). Por lo cual el objetivo de este trabajo es identificar y cuantificar los COVs emitidos en la interacción planta-insecto y planta-insecto-bacteria y buscar si algún COV encontrado en esta interacción causa la atracción de *B. cockerelli* y algunos de sus insectos parasitoides y/o depredadores de esta plaga.

Objetivos

<p><b>Objetivo general</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Identificar y cuantificar compuestos volátiles emitidos por plantas de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) infestadas con <i>B. cockerelli</i> Sulc</li> </ul> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificar los compuestos volátiles en plantas de papa infestadas con <i>B. cockerelli</i> y en plantas no infestadas mediante el sistema microextracción en fase sólida (SPME).</li> </ol>
--



2. Obtener mediante técnicas cromatográficas (cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS)) el perfil de compuestos volátiles emitidos y exclusivos de plantas infestadas con *B. cockerelli*.
3. Identificar compuestos volátiles responsables de la atracción de *Tamarixia triozae* mediante ensayos de preferencia.

#### Hipótesis

- La infestación con *Bactericera cockerelli* en plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) permitirá la liberación de compuestos volátiles como defensa y a su vez funcionarán como atrayentes de *Tamarixia triozae*.

#### 3.-Revisión de Literatura

China se ha convertido en el primer productor de papa (*Solanum tuberosum* L.) al producir 88,350,220 tons, el segundo país productor es India con 42,339,400 tons, mientras que el tercero es Rusia con 32,681,500 tons, el 4º Ucrania y 5º lugar Estados (FAO; 2012). La papa es una de las principales hortalizas que se producen en México; ocupando el 5º lugar en cuanto a su consumo a nivel nacional. Por su valor nutritivo y energético lo hace un alimento básico y necesario en la dieta de los mexicanos. Su cultivo y las diversas labores que involucra, representa una gran importancia económica y social para 77,800 familias que dependen directamente y alrededor de 8,700 productores que están involucrados en la producción (CONPAPA, 2013). El cultivo de este tubérculo se realiza actualmente en 22 estados de la República Mexicana durante todo el año, siendo los seis principales estados productores: Sonora, Sinaloa, Veracruz, Puebla, el estado de México y Nuevo León; con 391 627.89, 295 115.00, 174 238.25, 171 044.58, 141 279.39 y 110 403.5 tons respectivamente. El estado de Coahuila se ubica en el lugar 14 con 17 467. 76 tons (SIAP, 2014).

La producción de papa está influenciada por numerosos factores ambientales. Su desarrollo puede estar afectado por la falta de agua, nutrientes y por la presencia de plagas y enfermedades lo cual provoca la disminución en el rendimiento y la calidad de los tubérculos.

Los principales problemas fitosanitarios a los que se enfrenta la producción de papa son principalmente *Phytophthora infestans*, *Ralstonia solanacearum*, *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* y "*Candidatus Liberibacter solanacearum*" (CaLso). Esta bacteria es transmitida por *Bactericera cockerelli* Sulc o pulgón saltador, considerándose una plaga de suma importancia al ser vector de la misma (CONPAPA, 2013). Liefting y colaboradores (2009) reportaron que "*Candidatus Liberibacter solanacearum*" causó pérdidas de millones de dólares en invernaderos comerciales de tomate en Nueva Zelanda. Así mismo se ha encontrado afectando cultivos de zanahoria (Munyanza *et al.*, 2010).

La alimentación de *B. cockerelli* produce amarillamiento de las hojas, entrenudos cortos y gruesos, retraso del crecimiento de las plantas y tamaño reducido del tubérculo (Nachappa *et al.*, 2012). Este daño directo se relaciona con una toxina salival. Sin embargo, a la fecha no se ha logrado aislar dicha toxina (Rubio *et al.*, 2011). *B. cockerelli* también causa daños indirectos al transmitir procariontes, fitoplasmas y recientemente CaLso (Garzón *et al.*, 1992; Secor y Rivera, 2009; Liefting *et al.*, 2009b). Los síntomas del amarillamiento causado por la alimentación del psílido se ven agravados con CaLso al consumir nutrientes de la planta y provocar el debilitamiento de la misma. El periodo de incubación de CaLso es de hasta 24 horas y un tiempo de transmisión promedio de 15 minutos. La edad fisiológica del vector no es limitante para transmitir CaLso. En ninfas de *B. cockerelli* se necesitan 15 min para su adquisición y 30 min en adultos (Garzón, 2005). Casteel (2012) reporta una eficiencia de transmisión del 100 % en todos los estadios ninfales de *B. cockerelli* y un 78 % en adultos.



Los campos infectados con CaLso reducen la calidad del producto y valor comercial debido al manchado del tubérculo, causando pérdidas millonarias a la industria de la papa (Secor y Rivera-Varas 2004), abandono de los campos de siembra por la merma en la producción y calidad del cultivo, que pueden alcanzar hasta el 100% (Flores *et al.*, 2004).

El control de CaLso depende de las técnicas de manejo de *B. cockerelli*, el cual se basa en el uso de insecticidas químicos (Liu y Trumble 2005; Goolsby *et al.*, 2007; Gharali *et al.*, 2009). Los ingredientes activos más comunes y utilizados para el control de *B. cockerelli* son: Thiamethoxam, Thiachloprid, Imidacloprid, Cyfluthrin, Methamidophos, Endosulfan, Spirotetramat, Spinosad. (CONPAPA, 2013; Bayer de México, 2015). Estos insecticidas son de gran utilidad en programas de manejo contra el psílido de la papa.

El manejo fitosanitario con el uso de productos químicos aumenta los costos de producción alrededor de 200,000.00 pesos por ha, realizando de 30-70 aplicaciones de insecticidas por ciclo del cultivo (comunicación personal). El uso excesivo de ingredientes químicos reduce las poblaciones de enemigos naturales y desarrollo de resistencia del insecto al insecticida (Liu y Trumble 2007).

Hongos entomopatógenos, jabones agrícolas, reguladores de crecimiento de insectos, insecticidas botánicos y aceites minerales de plantas; es otra táctica de manejo que se incluye en los insecticidas biorracionales (CONPAPA, 2013). Azufre en polvo y sales potásicas de ácidos grasos (jabones insecticidas al 2%) pueden ser útiles contra ninfas, pero el control es poco confiable (Bujanos *et al.*, 2005; Cranshaw, 2007).

El uso de aceites esenciales ha demostrado ser útil en el control de algunas plagas, al tener efecto de repelencia (Adorjan y Buchbauer 2010; Nerio *et al.*, 2010). Algunas sustancias involucradas en las interacciones químicas entre los organismos como los semioquímicos (feromonas y aleloquímicos) han tenido un uso dentro de la agricultura. Las plantas atacadas por insectos fitófagos son fuentes emisoras de semioquímicos, también llamados compuestos orgánicos volátiles orgánicos (COVs). Estos volátiles producidos por plantas pueden influenciar en comportamiento y la fisiología de los insectos al interactuar con las feromonas que emplean para comunicarse. Los volátiles vegetales pueden inducir la producción o liberación de feromonas en algunos insectos y a menudo sinergizar o aumentar sus respuestas sexuales; ó se pueden provocar efectos inhibitorios o repelentes que interrumpan la respuesta de los insectos a estos infoquímicos (Reddy y Guerrero, 2004).

Se han realizado algunos trabajos de interacción de compuestos volátiles con feromonas, los insectos son atraídos hacia la fuente de olor y causa una disrupción en el comportamiento del mismo (Jaffé *et al.*, 1993; Dickens, 1989; Dickens *et al.*, 1990). En pruebas de repelencia se ha encontrado que algunos compuestos volátiles interrumpen la respuesta sensitiva hacia el insecto y evita que encuentre a su hospedero (Dickens *et al.*, 1992).

The Pherobase: Database of Pheromones and Semiochemicals reporta 6500 compuestos semioquímicos en más de 7500 especies (El-Sayed, 2014). Consistiendo primeramente en aldehídos de 6 carbonos, alcoholes, esterres y varios terpenoides que son liberados de flores, partes vegetativas o raíces (Dudareva *et al.*, 2006; Pichersky *et al.*, 2006). El tema de los volátiles ha sido debatido durante mucho tiempo, como las concentraciones usadas en laboratorio exceden las que están presentes de forma natural. Se desconoce que receptores los reconocen en las plantas (Schmelz *et al.*, 2009). Los volátiles identificados tienden a estar en altas concentraciones en las hojas que en las raíces. Una de las razones pudiera ser que no se transportan o difunden a través del suelo (Erb *et al.*, 2012).

La preferencia de alimentación de algunos insectos por la emisión de los compuestos volátiles se



ve afectada, prefiriendo alimentarse de una planta atacada por ellos mismos que por una planta sana. El comportamiento de estos insectos puede ayudar a evitar la diseminación de enfermedades que son transmitidas por insectos vectores (Esther *et al.*, 2007). La oviposición se ve afectada cuando las plantas emiten compuestos volátiles, cambiando el lugar de postura de huevos de los insectos (Bosa *et al.*, 2011). Los diferentes usos que se le pueden dar a los compuestos volátiles dentro del agro pudieran ser como repelentes de insectos plaga, atrayentes de enemigos naturales (parasitoides/depredadores), atrayentes de insectos benéficos como abejas y abejorros que ayudarían a una mejor polinización, activadores de genes de defensa contra insectos y otros patógenos (Esther *et al.*, 2007; Marín-Loaiza y Céspedes, 2007). Por todo lo anterior, se requiere generar más información sobre la emisión de compuestos volátiles de las plantas con los diferentes tipos de insectos plagas y niveles tróficos, para entender mejor la interacción planta-insecto.

#### 4.- Procedimiento Experimental

**Localización.** El sitio de experimentación estará localizado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el Departamento de Parasitología.

**Material Vegetal.** Para el desarrollo de la presente investigación se utilizarán mini-tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Ágata libres de "*Candidatus Liberibacter solanacearum*" (CaLso).

**Obtención de psílicos.** La colonia de psílicos (*Bactericera cockerelli* Sulc) infectados con CaLso será proporcionada por el Laboratorio de Parasitología Molecular perteneciente al mismo departamento. Los psílicos libres de CaLso serán colectados en la región. Las colonias de psílicos (infectados y libres de CaLso) se mantendrán en invernadero para su reproducción.

**Siembra:** Los minitubérculos serán sembrados en macetas con capacidad de 3 kg, con una mezcla de sustrato para germinación (Peat Moss), vermiculita y perlita, en relación 4:3:1. Las macetas serán puestas en una cámara bioclimática a  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  con un fotoperiodo de 14:10 L/O.

**Tratamientos:** Los tratamientos a evaluar serán: plantas libres de psílicos (Testigo), plantas con psílicos libres de CaLso (Tratamiento 1) y plantas con psílicos infectados con CaLso (Tratamiento 3). Cada tratamiento constará de 5 repeticiones como mínimo. Los diferentes periodos de infestación con psílicos se aplicarán en cada tratamiento.

**Infestación:** La densidad de psílicos sobre las plantas de papa será similar a las encontradas en campo (100-150). Se dejarán que se alimenten de las plantas por diferentes periodos de tiempo (1, 2 y 3 h). La infestación se hará en un medio cerrado (cajas de vidrio o acrílico) para evitar el escape de los compuestos volátiles. La realización de cada tratamiento se hará por separado, para evitar mezclas de compuestos de los otros tratamientos.

**Colecta de compuestos volátiles:** Las plantas de papa en etapa vegetativa serán puestas en cajas de vidrio o acrílico con tapa que cierren herméticamente. Las cajas serán adecuadas al tamaño de la planta. En la parte superior de la caja se colocará una fibra de polidimetilsiloxano para que absorba los COVs emitidos por la planta de forma natural, por la interacción planta-insecto e interacción planta-insecto-bacteria. La colecta se realizará a 0.5, 1, 1.5 y 2 h utilizando el sistema de microextracción en fase sólida (SPME por sus siglas en inglés) mediante el uso de la fibra de polidimetilsiloxano.

**Prueba de preferencia:** Se realizará en un medio cerrado utilizando un tubo de vidrio en forma de "Y". Un número conocido de psílicos serán puestos en un extremo del tubo y en los otros dos extremos se pondrán plantas de papa, tomate y chile libre e infectadas de CaLso (Montano y Trumble, 2012).

**Prueba de olfatómetro con *T. triozae*:** Se utilizará un tubo de vidrio en forma de "Y". En un extremo será liberado un número conocido de *T. triozae*, en los otros dos extremos se pondrán los compuestos volátiles que tengan mayor presencia en la identificación previa en el cromatógrafo de gases (Montano y Trumble, 2012; Davidson *et al.*, 2014).



**Análisis estadístico:** Los resultados obtenidos en los experimentos de prueba de preferencia y prueba de olfatómetro se someterán a un diseño completamente al azar y comparación entre medias con una prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) utilizando el paquete estadístico SAS.

## EVALUACIÓN

**Identificación de compuestos volátiles:** La identificación de compuestos volátiles emitidos por plantas de papa libres e infestadas con *B. cockerelli* se realizará en un cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS), en el cual se colocará la fibra de polidimetilsiloxano.

**Cuantificación de compuestos volátiles:** Una vez obtenido el perfil de VOCs, se realizará la cuantificación de los mismos, con el uso de estándares químicos en un GC-MS, se leerá el área bajo la curva.

**Prueba de preferencia:** Se contará el porcentaje de psíllidos atraídos hacia las diferentes plantas (papa, tomate y chile).

**Prueba de olfatómetro con *T. triozae*:** Se contará el número de insectos parasitoides atraídos hacia los diferentes compuestos volátiles identificados con en GC-MS (Martini *et al.*, 2014; Davidson *et al.*, 2014).

**Análisis estadístico:** Los resultados obtenidos en los experimentos de prueba de preferencia y prueba de olfatómetro se someterán a un diseño completamente al azar y comparación entre medias con una prueba de Tukey ( $P = 0.05$ ), utilizando el paquete estadístico SAS.

Cronograma de Actividades para el 2018.

Actividad por realizar	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Colecta de Compuestos Orgánicos Volátiles en papa infestadas con diferentes número de adultos de <i>Bactericera cockerelli</i>	X	X	X	X	X							
Obtención de perfil de Compuestos Volátiles	X	X	X	X	X							
Cuantificación de Compuestos Volátiles						X	X	X				
Pruebas de preferencia de <i>B. cockerelli</i> en diferentes especies de solanáceas								X	X			
Prueba de olfatómetro con los diferentes Compuestos Volátiles										X	X	
Prueba de electroantenografía con los diferentes Compuestos Volátiles											X	X

Cronograma de distribución de presupuesto para el 2018.

Actividad por realizar	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Colecta de Compuestos Orgánicos Volátiles en papa infestadas con diferentes número de adultos de <i>Bactericera cockerelli</i>			6.25 %									
Obtención de perfil de Compuestos Volátiles			18.75%									
Cuantificación de Compuestos Volátiles						31.25%						
Pruebas de preferencia de <i>B. cockerelli</i> en diferentes especies de solanáceas								3.125%				
Prueba de olfatómetro con los diferentes Compuestos Volátiles										9.375%		
Prueba de electroantenografía con los diferentes Compuestos Volátiles											31.25%	



Año de Inicio	2016	Año estimado de conclusión	2018
---------------	------	----------------------------	------

## 5.-Productos Esperados

- Generar dos artículos científicos para su publicación
- Generar tesis de Licenciatura
- Generar tesis de Doctorado en Ciencias
- Presentar resultados en congresos nacionales y/o internacionales

## 6.-Literatura Citada

1. Adorjan B, Buchbauer G (2010) Biological properties of essential oils: an updated review. *Flavour Frag J* 25:407–426
2. BAYER DE MÉXICO. La paratrioza o pulgón saltador del tomate y la papa. Boletín técnico, Bayer Crop Science. 2015, 24p.
3. Bosa. C.f., Clavijo.MC. A., Karlsson. M.F., Cotes. A.M., y Witzgall. P. 2011. Respuesta de Tecia solanivora (Lepidoptera: Gelechiidae) a compuestos volátiles de papa, *Solanum tuberosum*. *Revista Colombiana de Entomología* 37 (1): 1-7.
4. BUJANOS, M. R., GARZÓN, J. A., MARÍN, A. Manejo integrado del pulgón saltador *Bactericera (=Paratrioza) cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) en los cultivos de solanáceas en México. Pp. 93-99, *Memorias, Segunda convención mundial del chile*. 2005, Zacatecas, México.
5. CASTEEL, C. L., HANSEN, A. K., WALLING, L. L., PAINE, T. D. Manipulation of Plant Defense Responses by the Tomato Psyllid (*Bactericera cockerelli*) and Its Associated Endosymbiont *Candidatus Liberibacter Psyllaurous*. *PLoS ONE*. 2012, 7(4): e35191. doi:10.1371/journal.pone.0035191
6. CONFEDERACIÓN NACIONAL DE PRODUCTORES DE PAPA (CONPAPA). Monografía del sector papa. Consultado el 9 de octubre del 2015 y disponible en línea <http://conpapa.org.mx/files/pages/0000000018/ficha-tecnica-2013.pdf>
7. CRANSHAW, W. S. Potato or tomato psyllids. *Insects Series Home & Garden*. 2007, No. 5: 540.
8. Davidson. M.M., Butler. R.C., Taylor. N.M., Nielsen. M.C., Sansom. C.E., and Perry. N.B. A volatile compound, 2-undecanone, increases walking, but not flying, tomato potato psyllid movement toward an odour source. *New Zealand Plant Protection*. 67: 184-190 (2014).
9. Diaz-Montano. J., y T. Trumble. J. Behavioral Responses of the Potato Psyllid (Hemiptera: Triozidae) to Volatiles from Dimethyl Disulfide and Plant Essential Oils. *Journal Insect Behavioral*. 2012.
10. Dickens J C (1989) Green leaf volatiles enhance aggregation pheromone of boll weevil, *Anthonomus grandis*. *Entomol. Exp. Appl.* 52:191-203.
11. Dickens J C, E B Jang, D M light, A R Alford (1990) Enhancement of insect pheromone responses by green leaf volatiles. *Naturwissenschaften* 77:29-31.
12. Dickens J C, R F Billings, T L Payne (1992) Green leaf volatiles interrupt aggregation pheromone response in bark beetles infesting southern pines. *Experientia* 48:523-524.
13. Dudareva, N.; Negre, F.; Nagegowda, D.A.; Orlova, I. Plant volatiles: Recent advances and future perspectives. *Crit. Rev. Plant Sci*. 2006, 25, 417–440. 325.
14. El-Sayed AM 2014. The Pherobase: Database of Pheromones and Semiochemicals. <http://www.pherobase.com>
15. Erb, M.; Glauser, G.; Robert, C.A.M. Induced immunity against belowground insect herbivores—Activation of defenses in the absence of a jasmonate burst. *J. Chem. Ecol.* 2012, 38, 629–640.
16. Esther, N., Sanford. D. E., Nilsa. A. Bosque-Pérez., Hongjian. D., and Analiz. R. 2007. *Myzus persicae* is Arrested More by Blends Than by Individual Compounds Elevated in Headspace of PLRV-Infected Potato. *J Chem Ecol* (2007) 33:1733–1747.



17. FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS  
<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> ((Fecha de consulta 07 de marzo del 2016).
18. FLORES, O. A., M. G. GALLEGOS, and M. O. GARCÍA. Memorias del simposio punta morada de la papa. Universidad Autónoma Agraria Antonia Narro. 2004, Saltillo, Coahuila, México
19. GARZÓN, T. J. A. BECERRA, F. A. MARÍN, A. MEJÍA, A. C. Y. and BYERLY, M. K. F. Manejo integrado de la enfermedad permanente del tomate (*Lycopersicon lycopersicum* Karst ex Fawll Mill.), en El Bajío. In: Urías, C.; Rodríguez, R. y Alejandre, T. (eds). Afidos como vectores de virus en México. Fitopatología, Colegio de Postgraduados, México. 1992, 1:116-118
20. Gharalari AH, Nansen C, Lawson DS, Gilley J, Munyaneza JE, Vaughn K (2009) Knockdown, mortality, repellency, and residual effects of insecticides for control of *Bactericera cockerelli* adult (Hemiptera: Psyllidae). *J Econ Entomol* 102:1032–1038
21. GOOLSBY, J. A., ADAMCZYK, J. J., BEXTINE, B. E., MUNYANEZA, J. E., and BESTER, G. Development of an IPM program for management of the potato psyllid to reduce incidence of zebra chip disorder in potatoes. *Subtrop. Plant Sci. J.* 2007, 59:85-94.
22. Hansen. A.K., Trumble, J.T., Stouthamer, R. and Paine, T.D. A new Huanglongbing (HLB) species, “*Candidatus Liberibacter psyllaurosus*”, found to infect tomato and tomato, is vectored by psyllid *Bactericera cockerelli* (Sulc). *Applied. Environmental Microbiology.* 2008. 74: 5862-5865.
23. Jaffé K, P Sánchez, H Cerda, J V Hernadez, R Jaffé, N Urdaneta, G Guerra, R Martinez, B Miras (1993) Chemical ecology of the palm weevil *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae): attraction to host plants and to a male-produced aggregation pheromone. *J. Chem. Ecol.* 19:1703-1720.
24. LIEFTING, L. W., SUTHERLAND, P. W., WARD, L. I., PAICE, K. L., WEIR, B. S., CLOVER, G. R. G. A new “*Candidatus Liberibacter*” species associated with diseases of solanaceous crops. *Plant Dis.* 2009a, 93:208-214.
25. LIEFTING, L. W., SUTHERLAND, P. W., WARD, L. I., PAICE, K. L., WEIR, B. S. and CLOVER, G. R. G. A new ‘*Candidatus Liberibacter*’ species associated with diseases of solanaceous crops. *Plant Disease.* 2009b, 93, 208–214.
26. Liu DG, Trumble JT (2007) Comparative fitness of invasive and native populations of the potato psyllid *Bactericera cockerelli*. *Entomol Exp Appl* 123:35–42
27. Marín-Loaiza. J.C., y Céspedes. C.L. COMPUESTOS VOLÁTILES DE PLANTAS. ORIGEN, EMISIÓN, EFECTOS, ANÁLISIS Y APLICACIONES AL AGRO. *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 30, núm. 4, 2007, pp. 327-351
28. Martini. X., Pelz-Stelinski. K. S., and Stelinski. L. L. Plant pathogen-induced volátiles attract parasitoids to increase parasitisms of an insect vector. *Frontiers in Ecology and Evolution.* 2014.
29. MUNYANEZA, J. E., FISHER, T. W., SENGODA, V. G., GARCZYNSKI, S. F., NISSINEN, A., and LEMMETTY, A. First report of “*Candidatus Liberibacter solanacearum*” in carrots in Europe. *Plant Dis.* 2010, 94:639.
30. NACHAPA, P., SHAPIRO, A., TAMBORINDEGUY, C. Effect of “*Candidatus Liberibacter solanacearum*” on fitness of its vector, *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Trioziidae) on tomato. *Phytopathology.* 2012, 102, 41-46
31. Nerio LS, Olivero-Verbel J, Stashenko E (2010) Repellent activity of essential oils: a review. *Bioresour Technol* 101:372–378
32. Pichersky, E.; Noel, K.P.; Dudareva, N. Biosynthesis of plant volatiles: Nature’s diversity and ingenuity. *Science* 2006, 311, 808–811.
33. Reddy G V P, A Guerrero (2004) Interactions of insect pheromones and plant semiochemicals. *Trends Plant Sci.* 9:253-261.
34. RUBIO-COVARRUBIAS., O. Á., ALMEYDA-LEÓN, I. H., CADENA-HINOJOSA, M, A. and LOBATO-



- SÁNCHEZ, R. Relación entre *Bactericera cockerelli* y presencia de *Candidatus Liberibacter psyllauros* en lotes comerciales de papa. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 2011, 2(1), 17-28.
35. Schmelz, E.A.; Engelberth, J.; Alborn, H.T.; Tumlinson, J.H.; Teal, P.E.A. Phytohormone-based activity mapping of insect herbivore-produced elicitors. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2009, 106, 653–657.
36. SECOR, G. A., RIVERA, V. V. Emerging diseases of cultivated potato and their impact on Latin America. *Rev. Latinoamericana Papa*. 2004, Suppl. 1:1-8.
37. SECOR, G. A., RIVERA, V. V., ABAD, I. M., LEE, G. R. G., CLOVER, L. W., LIEFTING, X., LI, DE BOER, S. H. Association of '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' with zebra chip disease of potato established by graft and psyllid transmission, electron microscopy, and PCR. *Plant Disease*. 2009, 93: 574–583.
38. SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> (Fecha de consulta 11 de marzo del 2016).