

Situación de vectores de CaLso que infectan solánceas en la región de las Américas. Implicaciones para Cuba. II: Plantas hospedantes, daños y manejo.



<https://eqrcode.co/a/836Lmz>

Status of CaLsol vectors that infect solanaceous plants in the American regions, implications for Cuba, II: Host plants, damages and management

Heyker L. Baños Díaz^{1*}, Lizandra Guerra Arzuaga¹, Alberto Fereres²

¹Laboratorio de Entomología-Acarología, Grupo Plagas Agrícolas, Dirección de Sanidad Vegetal, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), Apartado 10, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

²Grupo Insectos Vectores de Patógenos de Plantas. Departamento de Protección de Plantas. Instituto de Ciencias Agrarias (ICA). Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Madrid. España

RESUMEN: El psílido de la papa/tomate (*Solanum tuberosum* L. y *Solanum lycopersicum* L.) *Bactericera cockerelli* Sulc es reconocido como una amenaza para la producción de solanáceas, por ser eficiente vector de la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CaLso) en América, Europa y Nueva Zelanda. Las características biológicas y genéticas del insecto hacen difícil su manejo, así como también el alto número de plantas hospedantes, de refugio y de alimentación en las que se puede encontrar. Además, la influencia del cambio climático causó el establecimiento y la colonización de poblaciones de psílicos en nuevas áreas y países. En la actualidad, los psílicos vectores de microorganismos causantes de enfermedades en plantas están distribuidos ampliamente y se realizan estudios para entender el impacto de sus poblaciones en sistemas intensivos de producción agrícola. En la última década se incrementaron, además, los estudios encaminados a la aplicación de nuevas técnicas de manejo y control biológico, para disponer de alternativas rápidas y eficientes que permitan reducir las afectaciones en los cultivos y en la economía. Se analizaron 74 artículos científicos relacionados con las plantas hospedantes, estrategias de control biológico, químico y alternativas novedosas para el manejo de insectos vectores. Con el objetivo de mantener la vigilancia sobre el vector, se profundizó en la situación y estado actual de la identificación de estas especies en Cuba, así como la situación mundial, en la región de las Américas y el Caribe relacionado con la presencia del sistema cultivo-psílido-CaLso y las posibles implicaciones para la agricultura cubana.

Palabras clave: *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CaLso), *Bactericera cockerelli*, cambio climático, plagas invasoras, vigilancia.

ABSTRACT: *Bactericera cockerelli* Sulc, the potato / tomato psyllid (*Solanum tuberosum* and *S. lycopersicum*), is recognized as a threat to the production of solanaceous crops because it is an efficient vector of the bacterium *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CaLso) in the American continent, Europe, and New Zealand. The biological and genetic characteristics of the insect make its management difficult, and so do the high number of host, refuge, and feeding plants in which it can be found. Furthermore, the influence of climate change has caused psyllid populations to establish and colonize new areas and countries. At present, the psyllid vectors of microorganisms that cause diseases in plants are widely distributed, and studies are being carried out to understand the impact of their populations on intensive agricultural production systems. In the last decade, studies on the application of new biological control and management techniques have also increased aiming to count on fast and efficient alternatives for reducing the effects on crops and economy. A total of 74 scientific papers related to the host plants of these insect vectors, their biological and chemical control strategies, and the novel alternatives for their management were analysed. In order to maintain surveillance over the vector, the present status of the identification of these species in Cuba, the situation concerning the presence of the cultivation system. -psyllid-CaLso in the world and the American and Caribbean regions, as well as the possible implications of the presence of these species for the Cuban agriculture were studied in depth.

Keywords: *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CaLso), *Bactericera cockerelli*, climate change, invasive pests, surveillance.

*Autor para correspondencia: Heyker L. Baños Díaz. Email: hellani@censa.edu.cu

Recibido: 01/08/2020

Aceptado: 25/02/2021

INTRODUCCIÓN

Los psílicos (Hemiptera: Psylloidea) incluyen especies que son plagas importantes de una amplia variedad de plantas de cultivo (1) y, hasta la fecha, se informaron ocho géneros de psílicos capaces de desarrollarse en plantas de interés económico. El psílido *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Trioziidae) es reconocido como plaga importante de los cultivos de solanáceas y considerado una plaga potencialmente destructiva, debido a que es un vector de *Candidatus Liberibacter solanacearum* (Ca. L. psyllaourous; CaLso), agente causal de la enfermedad de Zebra Chip (ZC) (2).

En la actualidad, esta enfermedad se encuentra ampliamente distribuida en Europa y en gran parte de las Américas y el Caribe (3); recientemente se informó en Ecuador (4). Por tal razón, se hace necesario mantener una activa vigilancia y seguimiento de la literatura actualizada en el tema.

Este trabajo aborda temas como daños y síntomas, plantas hospedantes y manejo de *Bactericera cockerelli* en solanáceas (papa, tomate, pimiento, berenjena, entre otros), con el objetivo de contribuir a la preparación del personal científico-técnico-productivo y decisores.

PARTE ESPECIAL

DAÑOS

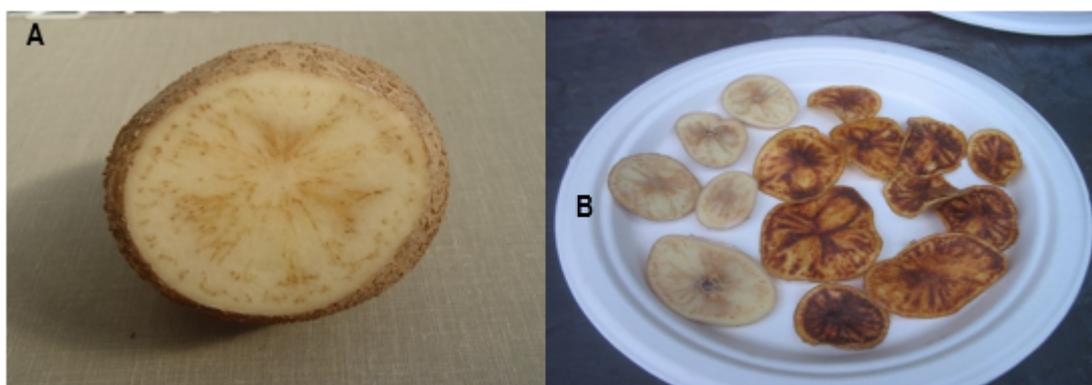
Los psílicos, en general, cuando se encuentran en altas densidades poblacionales, son capaces de afectar la fotosíntesis de la planta, debido a la secreción de miel de rocío que favorece la proliferación de hongos del género *Capnodium* sp., causantes de la fumagina. A pesar de estas afectaciones en las plantas, el principal daño causado por *B. cockerelli* y otros psílicos dentro de esta superfamilia, es la capacidad de ser vec-

tores de la bacteria fitopatógena CaLso, a diferentes cultivos de interés económico.

Candidatus Liberibacter solanacearum está restringida solamente al floema y es causante del rayado de la papa. Hasta el momento no se pudo aislar en medios de cultivo, al igual que otras bacterias conocidas como *Candidatus Liberibacter asiaticus*, *Candidatus Liberibacter americanus* y *Candidatus Liberibacter africanus* causantes de la enfermedad Huanglongbing en los cítricos (5).

En las plantas de papa, los síntomas se caracterizan por la presencia de brotes de color morado a clorótico y de tallos axilares abultados. No obstante, los síntomas más característicos de la enfermedad se desarrollan en los tubérculos de papa e incluyen pardeamiento del tejido vascular, acompañado de manchas necróticas de tejidos internos y estriado de los tejidos medulares radiales, lo cual, en su conjunto, puede afectar al tubérculo completo (Fig 1 A). Estos síntomas se vuelven más pronunciados cuando son sometidas a calor (freído), lo que hace que los tubérculos procesados en la industria muestren áreas muy oscuras, rayas, estrías y que la cocción no es uniforme; su sabor es un poco dulce, por lo que son comercialmente inaceptables (Fig 1 B) (6). De acuerdo con estos autores, después de tres semanas de la exposición de la planta a los psílicos, se desarrollaron los síntomas en los tubérculos, se detuvo el desarrollo de los mismos disminuyendo el rendimiento y los niveles de sólidos. Sin embargo, se pudo apreciar un incremento de los niveles de azúcares reductores en los tubérculos, una vez establecidos los síntomas.

Generalmente, los tubérculos infectados con la enfermedad del rayado de la papa (Zebra chip, ZC) no brotan y, si lo hacen, producen brotes ahilados, débiles o plantas de vida corta; además, hay indicios de que los síntomas pudieran desarrollarse en los tubérculos durante el almacenamiento (2). El patógeno puede diseminarse de una hoja infectada hacia los tubérculos



[Crédito de las Imágenes: DrC. Joseph E. Munyaneza. Líder del Programa Nacional de Vegetales, Remolacha y Cultivos de Invernadero. Producción y protección de cultivos. Departamento de Agricultura de Estados Unidos. Servicio de Investigación Agrícola (USDA-ARS) / Photography credit: Joseph E. Munyaneza PhD. National Program Leader Vegetable, Sugarbeet & Greenhouse Crops. Crop Production and Protection United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service (USDA-ARS).

Fig. 1. Presencia de *Ca. Liberibacter solanacearum* en tuberculos de papa (A) tubérculos frescos y (B) tubérculos procesados. / Presence of *Ca. Liberibacter solanacearum* in potato tubers (A) fresh tubers and (B) fried tubers.

en dos días; sin embargo, los tubérculos infectados pueden permanecer asintomáticos y el patógeno ser indetectable hasta una semana antes de la cosecha. Cuando estos tubérculos se almacenan, se supone que están libres de enfermedades. Sin embargo, CaLso puede continuar multiplicándose en la respiración de los tubérculos durante el almacenamiento, lo que reduce la calidad del tubérculo (7).

En tomate, la enfermedad es conocida como amarillamiento del tomate o permanente del tomate (PT), como es conocido en México (Fig. 2 A) (8). Los síntomas se caracterizan por enrollamiento de las hojas inferiores en forma de “taco”; estas hojas son quebradizas, los folíolos apicales se ven cloróticos con los márgenes de color morado y las flores son abortadas; sin embargo, se llega a presentar una sobretrotación de yemas que forman tallos delgados que florecen y llegan a producir frutos pequeños. En general, las plantas son achaparradas, con hojas amarillas y el tejido vascular en la raíz presenta color café oscuro. En pimiento, los síntomas CaLso se expresan como acortamiento de entrenudos y plantas pequeñas, además de la presencia de brotes cloróticos. Aunque la enfermedad causada por CaLso se conoce con diferentes nombres, en todos los casos muestra signos coincidentes como aborto de flor, oscurecimiento de tejido vascular en la base del tallo y raíz de las plantas (Fig. 2 B) (9).

En otros cultivos, como zanahoria (*Daucus carota* L.) (Fig. 3) y apio (*Apium graveolens* L.), la infección por CaLso se manifiesta como rizado de las hojas, presencia de decoloración amarilla y púrpura de las hojas, el retraso en el crecimiento de los brotes y las raíces, y la proliferación de las raíces secundarias (14); al respecto, se informó que el número de hojas que muestran síntomas de decoloración y la reducción del peso de la raíz se correlacionaron con un alto título de *Ca. L. solanacearum* en la planta (10).

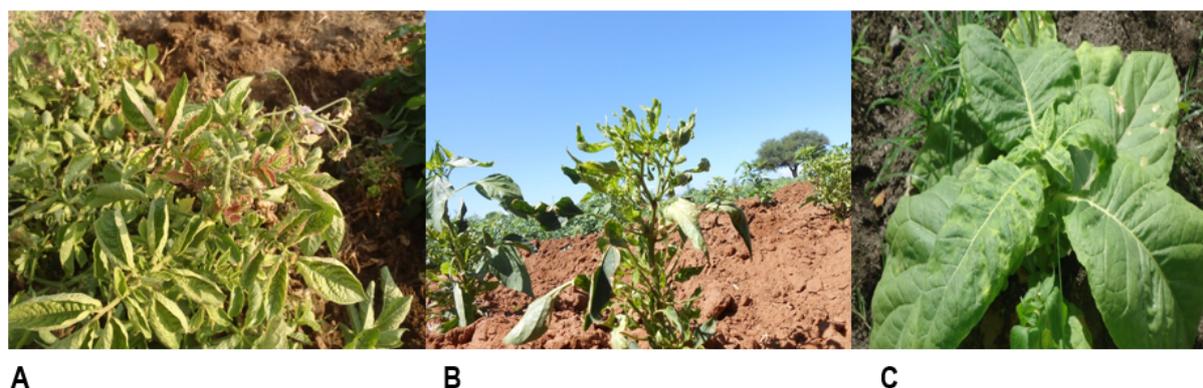
Por otra parte, los síntomas asociados con la infección por CLso haplotipo C en la zanahoria son dife-

rentes de los que se producen con los haplotipos D y E en la misma planta hospedante (11). Aunque los diferentes haplotipos pueden colonizar plantas en las familias Solanaceae y Apiaceae, pueden producirse algunas diferencias en las interacciones, debido a la adaptación a diversas combinaciones de psílido-planta hospedante. Sin embargo, la gama de plantas hospedantes naturales en diferentes áreas geográficas para cada haplotipo CaLso podría estar determinado, principalmente, por la diversidad de plantas hospedantes y de las especies de psíidos que son capaces de albergar y transmitir la bacteria (12).

Según Munyaneza (2), la gran mayoría de los cultivos comerciales de papa (*S. tuberosum*) son susceptibles a CaLsol, de aquí que las tácticas de Manejo Integrado de Plagas (MIP), enfocadas contra el psílido de la papa, son el único medio en la actualidad para manejar la enfermedad efectivamente.

PLANTAS HOSPEDANTES

Según Burckhardt *et al.* (1), los patrones evolutivos y biológicos de los psíidos los llevaron a una relación muy específica con las plantas donde estos se desarrollan, generalmente llamadas plantas hospedantes. En numerosas ocasiones, el término plantas hospedante hace referencia a plantas en las que los psíidos pudieron hallarse por accidente, y no se encontró estadios inmaduros del insecto. Este autor sugiere restringir el uso del término planta hospedante (Tabla 1) a las plantas en las que una especie de psílido completa su ciclo de vida, desde las fases inmaduras hasta el adulto, y emplear para el resto de las asociaciones los términos de *planta de hibernación o refugio* (las plantas en el que los psíidos adultos pasan el invierno y en la que se pueden alimentar), *planta de alimentación* (plantas sobre las que los psíidos adultos se alimentan, pero no se reproducen y no pasan un largo periodo de tiempo) y de la *planta casual* (plantas en que los psíidos



[Crédito de las Imágenes: DrC. Joseph E. Munyaneza. Líder del Programa Nacional de Vegetales, Remolacha y Cultivos de Invernadero. Producción y protección de cultivos. Departamento de Agricultura de Estados Unidos. Servicio de Investigación Agrícola (USDA-ARS) / Photography credit: Joseph E. Munyaneza PhD. National Program Leader Vegetable, Sugarbeet & Greenhouse Crops. Crop Production and Protection United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service (USDA-ARS)].
Fig. 2. Síntomas de presencia de *Ca. Liberibacter solanacearum* en plantas de la familia Solanaceae (A) tomate, (B) pimiento y (C) tabaco. / Symptoms of the presence of *Ca. Liberibacter solanacearum* in Solanaceae crops (A) tobacco, (B) pepper and (C) tomato.



Fig. 3. Síntomas de presencia de *Ca. Liberibacter solanacearum* en zanahoria (*D. carota*). Fuente. Dr. Prof. Alberto C. Ferreres. Grupo Insectos Vectores de Patógenos de Plantas. Departamento de Protección de Plantas. Instituto de Ciencias Agrarias (ICA). Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Madrid. España / Symptoms of presence of *Ca. Liberibacter solanacearum* on carrots (*D. carota*). / Source. Dr. Prof. Alberto C. Ferreres. Insect Vectors of Plant Pathogens Group. Plant Protection Department. Institute of Agrarian Sciences (ICA). Higher Council for Scientific Research (CSIC). Madrid. Spain

Tabla 1. Plantas hospedantes para *B. cockerelli* informadas en cinco familias botánicas por numerosos autores, en diversas regiones del mundo / *B. cockerelli* host plants within five botanical families reported by numerous authors in different regions of the world.

Especie	Familia	Referencias
<i>Datura stramonium</i> L.		13,14
<i>Capsicum annum</i> L.		25
<i>Solanum dulcamara</i> L.		16
<i>Solanum lycopersicum</i> L.		17
<i>Solanum melongena</i> L.		25
<i>Solanum pseudocapsicum</i> L.		14
<i>Solanum tuberosum</i> L.	Solanaceae	17
<i>Nicotiana tabacum</i> L.		18
<i>Solanum aviculare</i> G.Forst		19
<i>Solanum nigrum</i> L.		19
<i>Nicandra physalodes</i> (L.) Gaertn		19
<i>Lycium</i> sp. L.		20
<i>Physalis</i> sp. L.		21
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Convolvulaceae	19
<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam		19
<i>Medicago sativa</i> L.	Fabaceae	22
<i>Purshia</i> sp. (Pursh)	Rosaceae	3
<i>Thuja occidentalis</i> L.	Cupressaceae	3

adultos se posan, pero no se alimentan). Las clasificaciones de *planta de hibernación o refugio* y *planta de alimentación* merecen especial atención, pues pudieran ser consideradas como plantas hospedantes alternativos de *Candidatus Liberibacter* sp.

De acuerdo con la literatura internacional, *B. cockerelli* es un psílido inusualmente polífago, con una amplia gama de hospedantes, que excede 20 familias de plantas, y es capaz de completar el desarrollo en más de 40 especies de plantas (23). En el año 2015 se informó la presencia del vector y la enfermedad en plantas pertenecientes a la familia Convolvulaceae (Solanales) (24); se demostró que se debe profundizar en la asociación entre este insecto y la referida familia botánica.

Estudios científicos (25) avalaron que la gama de plantas hospedantes en los insectos plaga invasores muestran una expansión inicial durante el proceso de colonización y/o una disminución durante la fase de establecimiento. Este fenómeno sugiere la necesidad de obtener datos experimentales que se puedan utilizar como soporte para la vigilancia de estas especies y que ayuden a comprender las interacciones insecto vector-patógeno-planta.

El orden Hemiptera incluye áfidos, moscas blancas, cicadélidos, delfácidos, cochinillas y psílidos, los que son vectores principales de patógenos vegetales (comprenden más del 80 % de los patógenos transmitidos por insectos). Los psílidos, en especial, ingieren principalmente la savia de los tejidos de floema de las

plantas, necesario para completar su ciclo reproductivo en algunos hospedantes (26); razón por la que son reconocidos como vectores de bacterias fitopatógenas y fitoplasmas restringidos al floema (26), causantes de grandes pérdidas en la producción agrícola. También, existen otros grupos de Hemiptera (Cicadellinae y Cercopidae) que son vectores de bacterias restringidas a xilema, como es el caso de *Xyella fastidiosa*.

El reconocimiento de la planta hospedante, por parte de los hemípteros, requiere una serie de etapas que están vinculadas a la transmisión del virus o la bacteria a la planta, incluida la búsqueda del hospedante o el comportamiento previo a la transmisión, el sondeo de los tejidos superficiales, el asentamiento y la penetración del estilete en los tejidos de alimentación objetivo y la salivación e ingestión continua de la savia del sitio preferido de alimentación (1).

El monitoreo de estas actividades, mediante los gráficos de penetración eléctrica (EPG por sus siglas en inglés), permite la detección, cuantificación, el análisis y la comparación muy rigurosos en un sustrato de alimentación eléctricamente conductor del comportamiento de penetración del estilete de insectos fitófagos (que se alimentan tanto de floema, mesófilo o xilema) en los tejidos de la planta (27). Hasta el momento, los estudios que involucran gráficos de penetración eléctrica son ampliamente utilizados para conocer, entender, identificar y estudiar los mecanismos de resistencia planta-insecto y los factores que se encuentran involucrados en la alimentación y la transmisión de los patógenos asociados a insectos vectores como *Bemisia tabaci* Genn., *Myzus persicae* (Sulzer), *Diaphorina citri* Kuwayama y *Bactericera* sp. (1, 27, 28, 29, 30, 31). En los últimos años, este tipo de estudios se encaminaron a conocer cuáles son los mecanismos que están involucrados en la adquisición o inoculación del patógeno en las plantas, por parte del insecto vector (30) y también el efecto que pudieran tener ciertas sustancias como insecticidas o antialimentarios (32, 33, 34), en el comportamiento alimenticio del insecto y sus posibles repercusiones en la adquisición y transmisión de patógenos (36).

En los psílidos, se consideran plantas hospedantes (o plantas huésped) a determinadas plantas en las que la especie completa su ciclo de vida, aunque también se usan los términos *planta de hibernación o refugio*, *planta de alimentación* y *planta casual*; descritos al inicio de este acápite. Sin embargo, Sandanayaka (28) refirió que pueden existir diferencias en la duración de las ondas de EPG emitidas por los insectos en las plantas hospedantes y que se consideran dentro del resto de las asociaciones (refugio, alimentación o casual). Estos estudios suponen que pueden existir diferencias entre el comportamiento de los psílidos, que podrían condicionar el nivel de preferencia y la eficiencia en la transmisión de la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* entre las variedades de una especie de planta (37).

En las incursiones de bioseguridad, las decisiones sobre la gama de hospedante, con frecuencia, se dirigen el intervalo máximo de hospedante para ayudar con los controles de movimiento de plantas de riesgo, actividades de vigilancia y posibles problemas fitosanitarios. Por lo tanto, la determinación de los hospedadores reproductores, en lugar de planta de alimento, es menos importante. La técnica EPG puede proporcionar información rápida sobre el rango potencial de hospedadores y las preferencias alimentarias de un insecto que podrían no ocurrir dentro de la distribución actual de la plaga. La EPG se utilizó ampliamente para ayudar a descubrir la resistencia a las plagas en los programas de mejoramiento de cultivos (28).

CONTROL Y MANEJO

Uno de los principales retos, para el manejo de *B. cockerelli*, es determinar el momento correcto para efectuar las medidas de manejo; sin embargo, hasta el momento, no está establecido el umbral económico para realizar estrategias de manejo contra este vector, aunque en casas de cultivo protegido de tomate en Nueva Zelanda, cuando la presencia de los psílidos es superior al 2 %, se justifica la aplicación de insecticidas a toda el área, sugiriendo los tratamientos localizados para la infestación del 1,5-1,8 %. La carencia del valor de un umbral de daño provocó el uso indiscriminado de insecticidas, debido a la política de tolerancia cero que se sigue en los cultivos de tomate y papa. Dado que las plantas pueden recuperarse del amarillamiento causado por psílidos, si se establecen medidas oportunas en ausencia de psílidos y plantas positivas a CaLSol, existe una mayor flexibilidad en las decisiones de manejo. Sin embargo, CaLSol puede transmitirse, con bastante rapidez, incluso por un solo psílido (38).

Por tal motivo, el monitoreo de las poblaciones de psílidos en ambos cultivos es importante, así como el correcto diagnóstico de la presencia o no de la bacteria CaLso, lo cual es imprescindible para la selección correcta de insecticidas, agentes de control biológico (parasitoides, depredadores, entomopatógenos, entre otros), elección de cultivares resistentes y de las actividades culturales a implementar, por solo mencionar algunas. Los diferentes biotipos, las numerosas plantas hospedantes potenciales y la naturaleza migratoria de los insectos complican la asociación entre el muestreo de *B. cockerelli* y el establecimiento de un umbral apropiado.

La forma más efectiva para monitorear los adultos de *B. cockerelli* es el uso de trampas amarillas, las que se deben colocar en la zona más alta del cultivo durante la fase de crecimiento (30) y se deben reemplazar semanalmente. A su vez, el monitoreo también puede incluir el uso de cultivos no hospedantes, plantas centinelas y/o indicadoras (20). Hodge *et al.* (39) confirmaron la efectividad de las trampas amarillas

adhesivas para monitorear *B. cockerelli* en invernaderos de tomate; afirmaron que la consistencia en la captura podría mejorarse colocando las trampas a una altura constante, iluminándolas con luz ultravioleta y limitando las evaluaciones al centro de las trampas. También el uso de manga entomológica, para muestreo de adultos, y la inspección visual de plantas para estimar la densidad de ninfas y huevos, son métodos adecuados de muestreo para cuantificar la densidad poblacional de psilas que atacan cultivos de zanahoria y patata (40).

Cultivares resistentes

Otra alternativa para el manejo de las poblaciones del vector es el desarrollo de cultivares resistentes a *B. cockerelli* (en papa y tomate, fundamentalmente) (41). Con este propósito, Cooper y Bamberg (42) estudiaron el germoplasma silvestre de papa (*Solanum bulbocastanum* Dunal) como una fuente clave de genes de resistencia a plagas y encontraron seis poblaciones de esta planta que mostraron resistencia a *B. cockerelli*, y que pueden ser utilizadas para el desarrollo de nuevos cultivares.

Control químico

El control de las poblaciones de este psílido se realiza, fundamentalmente, mediante la aplicación de productos químicos. Sin embargo, debido al uso indiscriminado de los mismos, en numerosas poblaciones se desarrolló resistencia, provocada principalmente por la alta fecundidad y el corto tiempo entre las generaciones (43). Dentro de los insecticidas más efectivos para el control de esta plaga se encuentran Tiametoxam, Abamectin, Bifenthrin, Cyfluthrim + Imidacoprid y Dinotefuram (44). Otros, como el ciantraniliprol y abamectina, fueron además usados como disuasivos de la alimentación de psílicos en la papa y podrían reducir, significativamente, la transmisión de CaLso y la propagación de ZC (32).

Por otra parte, espinetoram y ciantraniliprol, a dosis alta, mostraron mayor actividad residual en adultos psílicos de la papa; mientras que, oxamilo y ciantraniliprol (bajas altas dosis), fueron efectivos contra las ninfas. El ciantraniliprole y tolfenpyrad afectaron negativamente la reproducción del psílido de la papa. Estos estudios sugieren que el ciantraniliprol, ya sea como tratamiento foliar o del suelo, puede incorporarse en un programa de rotación para evitar la resistencia a los neonicotinoides (45).

Control biológico

Se informaron numerosos enemigos naturales de *B. cockerelli*, entre ellos depredadores generalistas como larvas de crisopas, coccinélidos, orius, miridos, nabís; así como larvas de sirfidos que regulan, de forma

natural, las poblaciones del vector; no obstante, solo algunos poseen una alta eficacia.

Según Martínez *et al.* (46), una hembra del parasitoide *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae), puede parasitar 4,66 ninfas del psílido en 6 h; a su vez, son capaces de consumir, como promedio, un huevo del psílido después de parasitar 3,36 ninfas. Este parasitoide puede llegar a niveles de parasitoidismo, en el campo, de hasta el 85 % (47). Sin embargo, los estados inmaduros de este eulofido son altamente susceptibles a insecticidas como imidacloprid y abamectina aunque, según Morales (48), las pupas del parasitoide son menos susceptibles a estos insecticidas, por lo que pueden ser usados de conjunto cuando el enemigo natural se encuentre en esta etapa. La aplicación indiscriminada de productos químicos puede afectar el equilibrio que existe entre los diferentes enemigos naturales y reducir, drásticamente, las poblaciones que ejercen cierto control sobre los insectos plagas. Por ello, resulta importante conocer el rango de compatibilidad entre los insecticidas de mayor efectividad para una plaga y los enemigos naturales asociados a esta, pues esto hace que el manejo en el cultivo sea más seguro, eficiente y durable.

Dentro de los depredadores, *Micromus tasmaniae* (Walker) se encontró asociado a poblaciones de *B. cockerelli* en papa (49). Se observó, además, al mirido *Engytatus varians* (Distant) (Hemiptera: Miridae) alimentándose de estados inmaduros del psílido en plantas de tomate (50,51). A su vez, *Dicyphus hesperus* Athias-Henriot (Heteroptera: Miridae) mostró favorables tasas de desarrollo y reproducción y, en condiciones de laboratorio, demostró ser un buen agente de control biológico para este fitófago en tomate (52). Esos autores plantearon que este depredador pudiera ser usado en estrategias de Control biológico mediante su liberación aumentativa en áreas productivas de tomate en Norteamérica (52,53).

Se informó que el ácaro depredador *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor) puede ser usado como agente de control biológico de *B. cockerelli*. Este ácaro, además de ser producido de forma masiva y ser comercializado, es capaz de desarrollarse, sobrevivir y alimentarse a partir de los estadios inmaduros del psílido, así como también de la miel de rocío que producen el insecto plaga, debido a su alimentación (54). No obstante, estudios posteriores demostraron que este ácaro es capaz de reducir las poblaciones del vector en pimiento, pero no en cultivares de tomate, debido a que no puede completar su ciclo biológico en este cultivo (55).

En numerosas ocasiones, se recomienda la liberación conjunta de parasitoides y depredadores. Sin embargo, cuando *T. triozae* y *D. hesperus* se liberaron simultáneamente en poblaciones de *B. cockerelli*, tanto el parasitismo como los niveles de depredación, se reducen con relación a cuando son liberados por separado, si bien la mortalidad general de *B. cockerelli*

obtenida con ambas especies juntas puede ser aditiva (56).

Aislados de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill se evaluaron contra *B. cockerelli* con resultados promisorios, en condiciones de laboratorio; sin embargo, el uso combinado de este hongo con el parasitoide *T. triozae* no es recomendable, pues la sobrevivencia de este último disminuye cuando ataca ninfas infectadas por el hongo (57). Dentro de la estrategia de manejo integrado del psílido, también se estudiaron los hongos *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin e *Isaria fumosorosea* Wize en campos comerciales de Weslaco, Texas, y se observó una reducción significativa de los daños en las plantas y en la presencia de síntomas del rayado de la papa (58).

La estrategia de combinar la liberación/aplicación de dos o más agentes de control biológico puede promover el control biológico de la plaga. Por ejemplo, la aplicación simultánea de ácaros depredadores (*A. limonicus*) y aplicación de *B. bassiana* a intervalos apropiados tiene potencial para manejar las poblaciones del psílido del tomate/papa durante la temporada alta de estos cultivos (59). No obstante, aún es necesario realizar estudios de campo que permitan evaluar la compatibilidad y viabilidad del uso combinado de ambos agentes de control biológico.

La asociación del hospedante con micorrizas también fue propuesta para la disminución y el retraso de la incidencia de CaLso; puede ser usada como una opción promisoriosa para la mitigación de la enfermedad causada por psílicos portadores de los haplotipos A y B de CaLso (60).

La utilización de extractos acuosos y/o etanólicos de aceites esenciales de plantas forma parte también de las estrategias para el manejo de poblaciones del psílido de la papa/tomate. Estudios encaminados a determinar la efectividad biológica de extractos acuosos y etanólicos de *Ambrosia artemisiifolia* L., *Piper auritum* Kunth, *Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F.H. Wigg, *Azadirachta indica* A. Juss, *Petiveria alliacea* L. y *Tagetes filifolia* Lag. sobre estados inmaduros y adultos del vector (61). Estos autores observaron que los extractos acuosos de las hojas de *A. artemisiifolia*, *P. auritum*, y *T. officinale* tienen mayor efecto tóxico sobre los estadios ninfales, a su vez los extractos etanólicos de *A. mexicana*, *A. indica*, *P. alliacea*, y *T. filifolia* mostraron una mayor letalidad para las ninfas de 4^{to} y 5^{to} instar de *B. cockerelli*.

Montano *et al.* (62) evaluaron el efecto de Dimetil disulfato (DMDS) y 12 aceites esenciales (*Cinnamomum cassia* Blume (Lauraceae), *Juniperus virginiana* L. (Cupressaceae), *Apium graveolens* L. (Apiaceae), *Syzygium aromaticum* L. (Myrtaceae), *Allium sativum* L. (Liliaceae), *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle (Rutaceae), *Pogostemon cablin* Benth. (Labiatae), *Mentha piperita* L. (Lamiaceae), *Rosmarinus officinalis* L. (Labiatae), *Satureja hortensis* L. (Labiatae), *Me-*

laleuca alternifolia (Maiden & Betche) Cheel (Myrtaceae) y *Thymus vulgaris* L. (Labiatae)) sobre la conducta del psílido de la papa y el tomate. Durante la investigación, los autores comprobaron que el Dimetil disulfato (DMDS) y los aceites de tomillo, árbol del té, lima, clavo, menta, cedro y ajedra poseen un fuerte efecto repelente sobre el vector. El efecto residual del DMDS persiste por 10 días; mientras que, para los aceites de tomillo, árbol de Té, clavo, menta y ajedra, el efecto se mantiene por 20 días.

Igualmente se ha planteado que los insecticidas biorracionales (Organic JMS Stylet-Oil®, Excel Oil®, Eco-Oil®, Neem 600 WP y Sap Sucker Plus) pueden modificar la conducta alimentaria e incrementar la mortalidad en *B. cockerelli* (63,64).

Se propusieron otras técnicas para el manejo de poblaciones de insectos vectores, como son la irradiación con haz de electrones (eBeam, según siglas en Inglés) de poblaciones de psílicos (65); la selección, transformación y forma de diseminación de los endosimbiontes asociados, con el objetivo de desarrollar un MIP del vector, mediante la manipulación de la microflora de los insectos vectores de enfermedades en plantas (66,67), por ejemplo, feminización de machos genéticos, inducción de partenogénesis, incompatibilidad citoplasmática, eliminación de los machos (68), interrupción de la simbiosis (69), eliminación selectiva de endosimbiontes mediante antibióticos (70) e irradiación (71).

El manejo de infraestructuras ecológicas y otras medidas culturales para evitar el paso del vector, como el uso de barreras físicas o barreras ópticas, pueden ser adecuadas alternativas para el control los psílicos. Por ejemplo, los arropes (mulching) reflectantes, a base de materiales que repelen o impiden el aterrizaje de psílicos, son métodos eficaces para reducir la incidencia de HLB, interfiriendo con el vector *D. citri* (72). Por otro lado, el uso de mallas y otras barreras físicas, como el caolín, pueden ser muy útiles para la reducción de poblaciones de *B. cockerelli* (73) y también de *Trioza apicalis* (74).

La modificación genética de cultivos también forma parte de las estrategias de manejo del vector. Al respecto, Tzin *et al.* (75) propusieron que las plantas genéticamente modificadas para la producción de moléculas activas de RNAi posee un elevado potencial para el control de insectos plagas del orden Hemiptera, entre ellos *B. cockerelli*, ya que es capaz de modificar importantes indicadores de aptitud en estos insectos vectores, incluyendo la reproducción y mortalidad. Si bien estos pueden considerarse resultados alentadores, aún es necesario continuar los estudios antes de considerarla como una táctica eficiente para el manejo de vectores. Por otra parte, es importante tener en cuenta que muchos países no permiten la inclusión de plantas genéticamente modificadas en la producción agrícola.

SITUACIÓN PARA CUBA

Bruner *et al.* (76) refirieron la presencia de nueve especies de psíldos asociados a plantas en Cuba; sin embargo, Ouvrard (77) informó de la existencia de 23 taxas (Tabla 2). En los últimos años, solo se informó la presencia de una nueva especie de psílido, *Diaphorina citri* Kuwayama en el año 1999 (78), el insecto se encontró en áreas urbanas de la Ciudad de La Habana en plantas de *M. paniculata* y *Citrus* spp.

Se desconoce si la llegada de este vector a Cuba fue natural, debido al cambio climático, el impacto de huracanes o ciclones o los vientos. Los rangos de especies se contraen, expanden y fragmentan en respuesta al cambio ambiental global. Sin embargo los registros de ocurrencia de especies observadas suelen proporcionar información solamente del subconjunto de los sitios ocupados por una especie, pero no, sobre sitios que no fueron encuestados, o que puedan ser colonizados, en el futuro, con el calentamiento global o las invasiones biológicas (79). De acuerdo con Karuppaiah y Sujayanad (80), el incremento de las temperaturas debido al cambio en las variables climáticas, provocaría cambios en la dinámica de la población de las plagas de insectos y alteraría el voltinismo, por tanto, sería más beneficioso para las especies multivoltinas, dando lugar a cambios en la distribución geográfica de los insectos.

La incertidumbre sobre la verdadera comunidad de especies de psíldos responsables de la transmisión de ZC aumentó el interés en la biodiversidad de estas especies, tanto dentro como fuera de los campos agrícolas (8,17).

La preocupación mundial por el impacto de la entrada del psílido de la papa / tomate (TPP), a zonas en las que no está presente se hace cada día más intensa. El alto riesgo de pérdidas económicas asociadas a las invasiones del complejo psílido-CaLso, causó una creciente preocupación por determinar los posibles hábitats, comportamiento de la plaga y posibles hospedantes no cultivables.

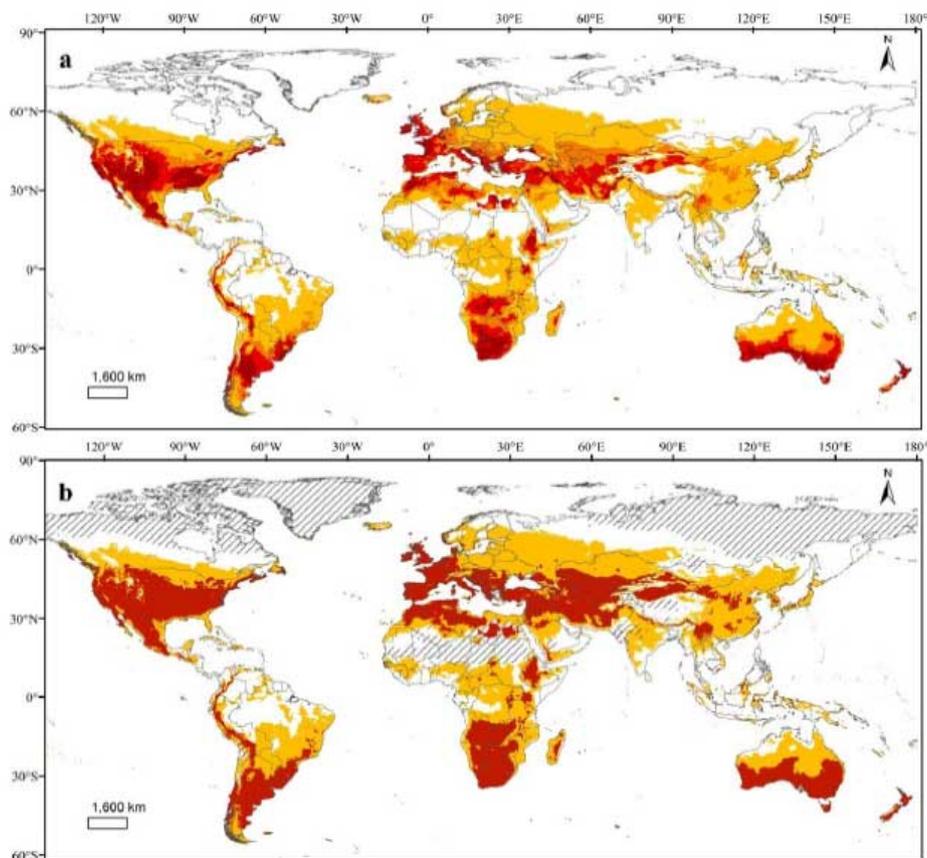
En este sentido, Wan *et al.* (81) emplearon modelos de nicho ecológico (MaxEnt) para predecir los hábitats probables para este complejo vector-bacteria a escala global evaluando, además, en qué medida está en riesgo el cultivo de la papa a nivel global. Estos autores identificaron hábitats climáticamente adecuados en Eurasia, África, América del Sur y Australasia; a su vez, a partir de datos de uso de la tierra, determinaron que están en riesgo el 96,14 % de la superficie de producción de papa en América del Sur y Eurasia, y todas las áreas de cultivo de papa de Australia. En ese estudio, se destacó la importancia de integrar factores climáticos y paisajísticos, utilizando los modelos de nicho ecológico (MNE) y enfoques espaciales, para identificar las áreas en riesgo de plagas invasoras. Estos modelos, específicos para cada especie, deben construirse con la complejidad adecuada, mediante

la configuración de los parámetros potenciales para caracterizar el nicho climático y predecir el brote de plagas en paisajes variables. A partir de estos, según esta investigación se identificaron grandes regiones climáticamente adecuadas con hospedantes y todas las áreas de cultivo de papa australianas están bajo riesgo potencial de invasión. (Fig. 2)

En 2016, se informó acerca del riesgo de introducir desde Cuba a EE. UU. nuevas plagas agrícolas, debido a su ubicación y distribución geográfica en el país (81). Aunque vectores de especies, como el psílido *Bactericera* sp. no están incluidos en ese documento, se conoce que las redes de transporte global se están expandiendo y los materiales se mueven con mayor rapidez. El material vegetal se puede mover directamente, como alimento o fibra, o puede convertirse en contenedor para otros productos. De cualquier manera, pueden representar una fuente de nuevos agentes patógenos y nuevos insectos vectores de los mismos, lo cual representa un riesgo para la dispersión de plagas en el mundo (82).

Con relación a este tema, Garrett *et al.* (82) plantearon que existen otros dos fenómenos, a nivel global, que influyen en el riesgo de dispersión de plagas para las plantas. El primero es el cambio en los patrones de uso de la tierra por la presión que existe para apoyar, tanto la producción de alimentos como la generación de biocombustibles para la creciente población mundial. Una mayor homogeneidad de las tierras agrícolas representa un factor de riesgo para la entrada y establecimiento de plagas. Segundo, el incremento de las especies invasoras, las cuales son consideradas una problemática constante y suelen ser altamente dañinos para los sistemas agrícolas locales y, por lo general, no se cuenta con estrategias de monitoreo, diagnóstico y manejo para el enfrentamiento a poblaciones de estas especies.

Adicionalmente, de acuerdo con Nelson (26), la migración de pequeños insectos, junto con los patrones de viento y la aparición de psíldos a gran altura, apoyan el concepto de migración estacional de psíldos a larga distancia. Este hecho, junto con la presencia de plantas con la capacidad de ofrecer refugio, fuente de alimento y, en algunos casos, adecuadas para la reproducción del insecto, proporciona una hipótesis de migración e hibernación plausible. La naturaleza desafiante de la identificación temprana y la predicción de nuevas poblaciones de psíldos se destacan por la ocurrencia filogenéticamente estocástica de plagas psíldos conocidas en una amplia variedad de taxones de plantas (4). Por lo tanto, estudios enmarcados en el comportamiento de plantas hospedantes y / o cultivos, biología de vectores e interacciones multitroficas, teniendo en cuenta los descriptores ambientales y biológicos típicos de Cuba, ofrecerían una herramienta fundamental en la prevención temprana, que facilitaría la planificación y mitigación de futuros impactos de estos insectos y enfermedades en el sistema agrícola cubano.



*Imagen cortesía del Dr. Simon McKirdy, del Instituto Harry Butler, Universidad de Murdoch, Australia. /Image courtesy of Dr. Simon McKirdy from Harry Butler Institute, Murdoch University, Australia

Fig. 2. Predicción de hábitats adecuado para *Bactericera cockerelli* y *CaLso* según Wan *et al.* (81) (Salida logística (a) y salida binaria (b)). En el mapa logístico, el color rojo oscuro representa una alta idoneidad; anaranjado y rojo representan áreas de condiciones adecuadas y óptimas para el sistema vector-patógeno, definido por la presencia mínima de capacitación umbral (MTP) y umbral de presencia de entrenamiento del 10% (TP10), respectivamente. Las líneas negras de trama simple en el mapa binario indican los entornos no análogos entre las áreas de calibración y proyección del modelo identificadas por el análisis MESS (superficie de similitud ambiental multivariante); implementado en MaxEnt). / Prediction of suitable habitats for *Bactericera cockerelli* and *CaLso* according to Wan *et al.*, (76) (Logistic output (a) and binary output (b)). In the logistic map, the dark red color represents high suitability; orange and red represent areas of suitable and optimal conditions for the vector-pathogen system, defined by the minimum presence of training threshold (MTP) and the presence of training threshold of 10% (TP10), respectively. The single-hatched black lines in the binary map indicate the Non-analogous environments between the calibration and projection areas of the model identified by the MESS analysis (multivariate environmental similarity surface); implemented in MaxEnt).

Por otra parte, la actualización de la lista de psílidos presentes en Cuba, así como sus interacciones y las fluctuaciones estacionales de sus poblaciones, sería un factor clave para la identificación de especies de vectores putativos y el desarrollo de estrategias de control. Terasini *et al.* (83) refirieron que la reducción de la población de psílidos es crítica, independientemente de la eficiencia de la transmisión por los diferentes vectores involucrados. Cualquier especie de vector podría desempeñar una función en la propagación de la bacteria al compensar, con su abundancia, las eficiencias de transmisión pobres.

Hasta el presente, Cuba alcanzó elevado desarrollo en el uso eficiente del control biológico (hongos, bacterias, depredadores, parasitoides y baculovirus) y el MIP en cultivos de interés. Además de fortalecer las capacidades de monitoreo, diagnóstico y enfrenta-

miento de plagas cuarentenadas o bajo vigilancia, y la formación de especialistas de con una formación integral. Por otra parte, cuenta con semillas y cultivos de solanáceas obtenidas en los centros científicos del país con marcada resistencia a numerosas plagas. No obstante, en el contexto del cambio climático, el incremento demanda en la calidad y producción de alimentos, se hace necesario continuar la vigilancia sobre especies de insectos vectores como los psílidos.

Por lo tanto, los estudios enmarcados en el comportamiento de alimentación y la eficiencia de transmisión en diferentes plantas hospedadoras y / o cultivos, son una herramienta fundamental en la prevención temprana, que facilita la planificación y mitigación de los futuros impactos de estos insectos y enfermedades en el sistema agrícola cubano y en el resto del mundo.

Tabla 2. Especies de psílidos informadas en Cuba asociadas a plantas de diversas familias botánicas / Cuban reports on psyllid species associated with plants in several botanical families.

ESPECIE	FAMILIA	HOSPEDANTE	REF.
<i>Aphalara persicaria</i> (Caldwell, 1937)	Aphalaridae Löw, 1879	<i>Persicaria persicaria</i> (L.) Small	77
<i>Mastigimas ernstii</i> (Schwarz, 1899)		<i>Cedrela P. Browne</i>	77
		<i>Cedrela mexicana</i> M. Roem. <i>Cedrela odorata</i> L.	
	Calophyidae Vondráček, 1957	<i>Cedrela P. Browne</i>	
<i>Mastigimas schwarzi</i> (Tuthill, 1945)		<i>Cedrela dugesii</i> S. Watson <i>Cedrela sp.</i>	77
		<i>Ficus L.</i>	
		<i>Ficus sp.</i>	
		<i>Bombax cyathophorum</i> K. Schum. <i>Malva L.</i>	
<i>Paracarsidara dugesii</i> (Löw, 1886)		<i>Wissadula Medik.</i>	77
	Carsidaridae Crawford, 1911	<i>Wissadula periplocifolia</i> C. Presl	
<i>Paracarsidara gigantea</i> (Crawford, 1911)		<i>Ceiba Mill.</i>	77
		<i>Ceiba burchellii</i> K. Schum.	
		<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam. <i>Murraya sp.</i>	
		<i>Citrus sp.</i>	
<i>Diaphorina citri</i> Kuwayama, 1908		<i>Ficus carica L.</i>	77
	Liviidae Löw, 1879	<i>Helietta apiculata</i> Benth.	
		<i>Pithecellobium lucidum</i> Benth	
		<i>Swinglea glutinosa</i> (Blanco) Merr.	
<i>Katacephala grandiceps</i> Crawford, 1914		<i>Eugenia buxifolia</i> (Sw.) Willd.	77
<i>Katacephala tenuipennis</i> Tuthill, 1944		Guairaje (<i>Eugenia axillaris</i>)	76,77
<i>Euphalerus antillensis</i> Caldwell & Martorell, 1952		<i>Lonchocarpus domingoensis</i>	77
		<i>Piscidia carthagenensis</i> Jacq.	
		<i>Piscidia l.</i>	
<i>Euphalerus nidifex</i> Schwarz, 1904		<i>Piscidia carthagenensis</i> Jacq. <i>Piscidia erythrina l.</i>	76
		<i>Piscidia piscipula</i> (l.) Sarg.	
		<i>Delonix regia</i>	
<i>Heteropsylla cubana</i> Crawford, 1914		<i>Leucaena glauca</i>	76,77
		<i>Leucaena leucocephala</i>	
<i>Heteropsylla distincta</i> Tuthill, 1944		<i>Pithecolobium arboreum</i> (l.) Urb.	71
		<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd. <i>Albizia lebbek</i> (L.) Benth.	
<i>Heteropsylla huasachae</i> Caldwell, 1941	Psyllidae Latreille, 1807	<i>Desmanthus sp.</i>	72
		<i>Desmanthus virgatus</i> (L.) Willd.	
<i>Heteropsylla mimosae</i> Crawford, 1914		<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	72
		<i>Mimosa L.</i>	
<i>Heteropsylla propinqua</i> Muddiman, Hodkinson & Hollis, 1992		<i>Acacia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.)	72
		<i>Albizia purpusii</i> Britton & Rose	
<i>Heteropsylla puertoricensis</i> Caldwell, 1942		<i>Albizia saman</i> (Jacq.) Merr. <i>Pithecolobium saman</i> (Jacq.) Benth.	72
<i>Heteropsylla quassiae</i> Crawford, 1914		<i>Quassia L.</i>	72
<i>Mitropsylla cubana</i> Crawford, 1914		<i>Centrosema</i> (DC.) Benth. <i>Desmodium adscendens</i> (Sw.) DC.	72
<i>Platycorypha princeps</i> Tuthill, 1945		<i>Myroxylon toluiferum</i> a. Rich.	76,77
<i>Calinda gibbosa</i> (Tuthill, 1959)		<i>Baccharis floribunda</i> Kunth	72
		<i>Baccharis sp.</i>	
<i>Ceropsylla sideroxyli</i> Riley, 1885		<i>Sideroxylon foetidissimum</i> Jacq.	76,77
		<i>Sideroxylon masticodendron</i>	
<i>Ceropsylla sp Ceropsylla martorelli</i>	Triozidae Löw, 1879	<i>Ocotea leucoxyton</i>	71
<i>Triozoida media</i> Tuthill, 1947		<i>Eugenia rocana</i> Britton & P.Wilson	72
<i>Triozoida mutabilis</i> Tuthill, 1947		desconocido	72
<i>Triozia diospyri</i> (Ashm)		<i>Diospyros lotus</i>	71
		<i>Dateplum persimmon</i>	

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer la colaboración del profesor Dr. Simon McKirdy del Instituto Harry Butler, Universidad de Murdoch, Australia, por permitir la utilización de los mapas de predicción. Al DrC. Joseph E. Munyaneza. Líder del Programa Nacional de Vegetales, Remolacha y Cultivos de Invernadero del Departamento de Agricultura de Estados Unidos. Servicio de Investigación Agrícola (USDA-ARS) por su contribución con las imágenes de síntomas en papa, pimiento, tabaco y tomate. A la Dra. C. Mayra G. Rodríguez Hernández, por la revisión y las sugerencias realizadas al documento.

REFERENCIAS

- Burckhardt D, Ouvrard D, Queiroz D, Percy D. Psyllid Host-Plants (Hemiptera: Psylloidea): Resolving a Semantic Problem. Florida Entomol [Internet]. 2014;97(1):242-6. Available from: <http://www.bioone.org/doi/abs/10.1896/054.097.0132>
- Munyaneza JE. Zebra Chip Disease, Candidatus Liberibacter, and Potato Psyllid: A Global Threat to the Potato Industry. Am J Potato Res [Internet]. 2015 Apr 13 [cited 2019 Jan 8];92(2):230-5. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s12230-015-9448-6>
- CABI/EPPO. Bactericera cockerelli (tomato potato psyllid) [Internet]. Invasive Species Compendium. 2019 [cited 2020 Feb 15]. Available from: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/45643>
- Caicedo JD, Simbaña LL, Calderón DA, Lalanguil KP, Rivera-Vargas LI. First report of ' Candidatus Liberibacter solanacearum ' in Ecuador and in South America. Australas Plant Dis Notes. 2020;15(6):10-2.
- Haapalainen M. Biology and epidemics of Candidatus Liberibacter species, psyllid-transmitted plant-pathogenic bacteria. Ann Appl Biol [Internet]. 2014 Sep [cited 2019 Jan 8];165(2):172-98. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/aab.12149>
- Buchman JL, Fisher TW, Sengoda VG, Munyaneza JE. Zebra Chip Progression: From Inoculation of Potato Plants with Liberibacter to Development of Disease Symptoms in Tubers. Am J Potato Res. 2012;89(2):159-68.
- Rush CM, Workneh F, Rashed A. Significance and Epidemiological Aspects of Late-Season Infections in the Management of Potato Zebra Chip. Phytopathology [Internet]. 2015;105(7):929-36. Available from: <http://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PHYTO-12-14-0365-FI>
- Munyaneza JE, Henne DC. Leafhopper and Psyllid Pests of Potato [Internet]. Insect Pests of Potato. Elsevier Inc.; 2013. 65-102 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-386895-4.00004-1>
- Villagómez CMM, Sicairos C del RL, Valenzuela JÁL, Espinal LAH, Félix SV, Tiznado JAG. Presencia de Candidatus Liberibacter solanacearum en Bactericera cockerelli Sulc asociada con enfermedades en tomate , chile y papa. Rev Mex Cienc Agríc. 2018;9(3):499-509.
- Nissinen AI, Haapalainen M, Jauhiainen L, Lindman M, Pirhonen M. Different symptoms in carrots caused by male and female carrot psyllid feeding and infection by "Candidatus Liberibacter solanacearum." Plant Pathol. 2014;63(4):812-20.
- Haapalainen M, Kivimäki P, Latvala S, Rastas M, Hannukkala A, Jauhiainen L, et al. Frequency and occurrence of the carrot pathogen ' Candidatus Liberibacter solanacearum ' haplotype C in Finland. Plant Pathol [Internet]. 2017 May [cited 2019 Jan 8];66(4):559-70. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/ppa.12613>
- Haapalainen M, Satu L, Marika R, Jinhui W, Hannukkala A, Pirhonen M, et al. Carrot Pathogen 'Candidatus Liberibacter solanacearum' Haplotype C Detected in Symptomless Potato Plants in Finland. Potato Res [Internet]. 2018 Mar 18 [cited 2019 Jan 8];61(1):31-50. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s11540-017-9350-3>
- Serbina L. Systematics of jumping plant-lice (Hemiptera : Psylloidea): examples from the West Palearctic and Neotropical Regions including a revision of the genus Russelliana. 2016;
- Vereijssen J, Taylor NM, Barnes AM, Thompson SE, Logan DP, Butler RC, et al. First report of ' Candidatus Liberibacter solanacearum ' in Jerusalem cherry (Solanum pseudocapsicum) and thorn-apple (Datura stramonium) in New Zealand . New Dis Reports. 2015 Jul 12;32:1.
- Yang XB, Liu TX. Life History and Life Tables of Bactericera cockerelli (Homoptera : Psyllidae) on Eggplant and Bell Pepper. Environ Entomol. 2009;38(6):1661-7.
- Swisher KD, Sengoda VG, Dixon J, Echegaray E, Murphy AF, Rondon SI, et al. Haplotypes of the potato psyllid, Bactericera cockerelli, on the wild host plant, solanum dulcamara, in the pacific Northwestern United States. Am J Potato Res. 2013;90(6):570-7.
- Munyaneza JE. Psyllids as Vectors of Emerging Bacterial Diseases of Annual Crops. Southwest Entomol [Internet]. 2010;35(3):471-7. Available from: <http://www.bioone.org/doi/abs/10.3958/059.035.0335>
- Munyaneza JE, Sengoda VG, Aguilar E, Bextine B, McCue KF. First Report of " Candidatus Liberibacter solanacearum " Associated with Psyllid-Infested Tobacco in Nicaragua. Plant Dis [Internet]. 2013 Sep [cited 2019 Jan 8];97(9):1244-1244. Available from: <http://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-03-13-0247-PDN>

19. Martin NA. Host plants of the potato / tomato psyllid : a cautionary tale. 2008;16:12-6.
20. Cooper WR, Horton DR, Miliczky E, Wohleb CH, Waters TD. The Weed Link in Zebra Chip Epidemiology: Suitability of Non-crop Solanaceae and Convolvulaceae to Potato Psyllid and “*Candidatus Liberibacter solanacearum*.” Am J Potato Res. 2019;96(3):262-71.
21. Martínez RR, Dávila JFR, Quiroz MM, Huerta AG. Modelización espacial de ninfas de *Bactericera cockerelli* Sulc. en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) por medio de técnicas geoestadísticas. Rev Ciencias Biológicas y la Salud. 2019;XXII(1):142-52.
22. Gomez MR, Cesar ES, Rivera JSM, Flores JLR, Salgado JRH, Mendez JGP. Evaluación de insecticidas alternativos para el control de paratrioza (*Bactericera cockerelli* B.y L.) (Homoptera: Triozidae) en el cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.). Rev Chapingo Ser Zo Áridas. 2008;VII(1):47-56.
23. Wallis RL. Ecological studies on the Potato psyllid as pest of potatoes. USDA Tech Bull. 1955; (1107):1-24.
24. Torres GL, Rodney Cooper W, Horton DR, Swisher KD, Garczynski SF, Munyaneza JE, et al. Horizontal transmission of “*Candidatus Liberibacter solanacearum*” by *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae) on *Convolvulus* and *Ipomoea* (Solanales: Convolvulaceae). PLoS One [Internet]. 2015;10(11):1-11. Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0142734>
25. Halbert S, Dixon WN. Pest Alert:Potato Psyllid (*Bactericera cockerelli*) (Hemiptera: Psyllidae) a Pest of Solanceae and Vector of Plant Pathogens Established in the Western USA. Florida Dep Agric Consum Serv Div Plant Ind. 2014;(November).
26. Nelson WR, Swisher KD, Crosslin JM, Munyaneza JE. Seasonal Dispersal of the Potato Psyllid, *Bactericera cockerelli* , into Potato Crops. Southwest Entomol [Internet]. 2014;39(1):177-86. Available from: <http://www.bioone.org/doi/abs/10.3958/059.039.0121>
27. Fereres A, Moreno A. Behavioural aspects influencing plant virus transmission by homopteran insects. Virus Res. 2009;141(2):158-68.
28. Sandanayaka WRM, Charles JG, Froud KJ. Potential use of electrical penetration graph (EPG) technology for biosecurity incursion response decision making. New Zeal Plant Prot. 2017;70(July):1-15.
29. Garzo E, Moreno A, Hernando S, Mariño V, Torne M, Santamaria E, et al. Electrical penetration graph technique as a tool to monitor the early stages of aphid resistance to insecticides. Pest Manag Sci. 2016;72(4):707-18.
30. Bonani JP, Fereres A, Garzo E, Miranda MP, Appezzato-Da-Gloria B, Lopes JRSS. Characterization of electrical penetration graphs of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, in sweet orange seedlings. Entomol Exp Appl. 2010;134(1):35-49.
31. Antolinez CA, Moreno A, Appezzato-da-Gloria B, Fereres A. Characterization of the electrical penetration graphs of the psyllid *Bactericera trigonica* on carrots. Entomol Exp Appl [Internet]. 2017 May [cited 2019 Jan 8];163(2):127-39. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/eea.12565>
32. Mustafa T, Alvarez JM, Munyaneza JE. Effect of Cyantraniliprole on Probing Behavior of the Potato Psyllid (Hemiptera: Triozidae) as Measured by the Electrical Penetration Graph Technique. J Econ Entomol. 2015;108(6):2529-35.
33. Collar JL, Avilla C, Fereres A. New Correlations between Aphid Stylet Paths and Nonpersistent Virus Transmission. Environ Entomol. 1997;26(3):537-44.
34. Maluta N, Fereres A, Lopes JRS. Plant-mediated indirect effects of two viruses with different transmission modes on *Bemisia tabaci* feeding behavior and fitness. J Pest Sci (2004) [Internet]. 2018; Available from: <https://doi.org/10.1007/s10340-018-1039-0>
35. Boina DR, Youn Y, Folimonovac S, Stelinska LL. Effects of pymetrozine , an antifeedant of Hemiptera , on Asian citrus psyllid , *Diaphorina citri* , feeding behavior , survival and transmission of *Candidatus Liberibacter asiaticus* Dhana. Pest Manag Sci. 2011;67(October 2010):146-55.
36. Guedes RNC, Cervantes FA, Backus EA, Walse SS. Substrate-mediated feeding and egg-laying by spotted wing *Drosophila*: waveform recognition and quantification via electropenetrography. J Pest Sci (2004) [Internet]. 2019;92(2):495-507. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10340-018-1065-y>
37. Chen Y, Rong X, Fu Q, Li B, Meng L. Effects of biochar amendment to soils on stylet penetration activities by aphid *Sitobion avenae* and planthopper *Laodelphax striatellus* on their host plants. Pest Manag Sci. 2020;76(1):360-5.
38. Prager SM, Trumble JT. Psyllids: Biology, Ecology, and Management [Internet]. Sustainable Management of Arthropod Pests of Tomato. Elsevier Inc.; 2018. 163-181 p. Available from: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802441-6.00007-3>
39. Hodge S, Bennett J, Merfield CN, Hofmann RW, Hodge S, Bennett J, et al. Effects of sticky trap colour , UV illumination and within-trap variation on tomato potato psyllid captures in glasshouses. New Zeal J Crop Horti Sci [Internet]. 2018;0(0):1-15. Available from: <https://doi.org/10.1080/01140671.2018.1508043>

40. Antolínez, Moreno, Ontiveros, Pla, Plaza, Sanjuan, et al. Seasonal Abundance of Psyllid Species on Carrots and Potato Crops in Spain. *Insects*. 2019;10(9):287.
41. Manuel V, Torres P, Villa Z, Escalante FB, Manuel J, Ramírez C, et al. Evaluación , Selección y Caracterización de Genotipos de Papa Tolerantes al Síndrome de Punta Morada.Re. *Rev Mex Fitopatol*. 2011;29(1):15-24.
42. Cooper WR, Bamberg JB. Variation in *Bactericera cockerelli* (Hemiptera : Triozidae) Oviposition , Survival , and Development on *Solanum bulbocastanum* Germplasm. *Am J Potato Res*. 2014;1-6.
43. EPPO. *Bactericera cockerelli*. EPPO Bull. 2013;43(2):202-8.
44. Gharalari AAH, Nansen C, Lawson DS, Gilley J, Munyaneza JE, Vaughn K, et al. Knockdown Mortality , Repellency , and Residual Effects of Insecticides for Control of Adult *Bactericera cockerelli* (Hemiptera : Psyllidae). *J Econ Entomol*. 2009;102(1032-1038).
45. Echegaray ER, Vinchesi AC, Rondon SI, Alvarez JM, McKinley N. Potato Psyllid (Hemiptera: Triozidae) Response to Insecticides Under Controlled Greenhouse Conditions. *J Econ Entomol*. 2017;110(1):142-9.
46. Martínez AM, Chavarrieta JM, Morales SI, Caudillo KB, Figueroa JI, Diaz O, et al. Behavior of *Tamarixia triozae* females (Hymenoptera: Eulophidae) attacking *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae) and effects of three pesticides on this parasitoid. *Environ Entomol* [Internet]. 2015 Feb [cited 2017 Jul 14];44(1):3-11. Available from: <https://academic.oup.com/ee/article-lookup/doi/10.1093/ee/nvu015>
47. Luis J, Rodríguez-leyva E, Lomeli-flores R, Sánchez-valdez VM, Luis C, Aguirre A. Umbrales de Desarrollo de *Tamarixia triozae* Parasitoide del Psílido de la Papa. *Southwest Entomol*. 2016;41(4):1077-84.
48. Morales SI, Martínez AM, Viñuela E, Chavarrieta JM, Figueroa JI, Schneider MI, et al. Lethal and sublethal effects on *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae), an ectoparasitoid of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae), of three insecticides used on solanaceous crops. *J Econ Entomol*. 2018;111(3):1048-55.
49. Walker GP, Macdonald FH, Puketapu AJ, Fergusson HA, Connolly PG. A field trial to assess damage by *Bactericera cockerelli* to early potatoes at Pukekohe. *New Zeal Plant Prot* [Internet]. 2012 [cited 2017 Jul 14];65(Anonymous 2009):148-154. Available from: http://www.nzpps.org/journal/65/nzpp_651480.pdf
50. Palma-Castillo LJ, Mena-Mociño LV, Martínez AM, Pineda S, Gómez-Ramos B, Chavarrieta-Yáñez JM, et al. Diet and growth parameters of the zoophytophagous predator *Engytatus varians* (Hemiptera: Miridae). *Biocontrol Sci Technol*. 2019;29(9):901-11.
51. Pineda S, Hernández-Quintero O, Velázquez-Rodríguez YB, Viñuela E, Figueroa JI, Morales SI, et al. Predation by *Engytatus varians* (Distant) (Hemiptera: Miridae) on *Bactericera cockerelli* (Sulcer) (Hemiptera: Triozidae) and two *Spodoptera* species. *Bull Entomol Res*. 2019;1-8.
52. Calvo FJ, Torres-Ruiz A, Velazquez-Gonzalez JC, Rodríguez-Leyva E, Lomeli-Flores JR. Evaluation of *Dicyphus hesperus* for biological control of sweet potato whitefly and potato psyllid on greenhouse tomato. *BioControl*. 2016;10.
53. Calvo FJ, Torres A, González EJ, Velázquez MB. The potential of *Dicyphus hesperus* as a biological control agent of potato psyllid and sweetpotato whitefly in tomato. *Bull Entomol Res*. 2018;108(6):765-72.
54. Xu Y, Zhang ZQ. *Amblydromalus limonicus*: A “new association” predatory mite against an invasive psyllid (*Bactericera cockerelli*) in New Zealand. *Syst Appl Acarol*. 2015;20(4):375-82.
55. Kean AM, Nielsen MC, Davidson MM, Butler RC, Vereijssen J. Host plant influences establishment and performance of *Amblydromalus limonicus*, a predator for *Bactericera cockerelli*. *Pest Manag Sci*. 2018;75(3):787-92.
56. Ramírez-Ahuja MDL, Rodríguez-Leyva E, Lomeli-Flores JR, Torres-Ruiz A, Guzmán-Franco AW. Evaluating combined use of a parasitoid and a zoophytophagous bug for biological control of the potato psyllid , *Bactericera cockerelli*. *Biol Control*. 2017;106:9-15.
57. Tamayo-Mejía F, Tamez-Guerra P, Guzmán-Franco AW, Gomez-Flores R. Can *Beauveria bassiana* Bals. (Vuill) (Ascomycetes: Hypocreales) and *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) be used together for improved biological control of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae)? *Biol Control*. 2015;90:42-8.
58. Lacey LA, Liu TX, Buchman JL, Munyaneza JE, Goolsby JA, Horton DR. Entomopathogenic fungi (Hypocreales) for control of potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Šulc) (Hemiptera: Triozidae) in an area endemic for zebra chip disease of potato. *Biol Control* [Internet]. 2011;56(3):271-8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.11.012>
59. Liu JF, Zhang ZQ, Beggs JR, Wei XY. Influence of pathogenic fungi on the life history and predation rate of mites attacking a psyllid pest. *Ecotoxicol Environ Saf* [Internet]. 2019;183(August):109585. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109585>
60. Tiénébo EO, Harrison K, Abo K, Brou YC, Pierson LS, Tamborindeguy C, et al.

- Mycorrhization mitigates disease caused by “*Candidatus Liberibacter solanacearum*” in tomato. *Plants*. 2019;8(11):1-11.
61. Granados-Echegoyen C, Pérez-Pacheco R, Bautista-Martínez N, Alonso-Hernández N, Sánchez-García JA, Martínez-Tomas SH, et al. Insecticidal Effect of Botanical Extracts on Developmental Stages of *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). *Southwest Entomol* [Internet]. 2015 Mar 1 [cited 2017 Jul 14];40(1):97-110. Available from: <http://www.bioone.org/doi/10.3958/059.040.0108>
 62. Diaz-Montano J, Trumble JT. Behavioral Responses of the Potato Psyllid (Hemiptera : Triozidae) to Volatiles from Dimethyl Disulfide and Plant Essential Oils Behavioral Responses of the Potato Psyllid (Hemiptera : Triozidae) to Volatiles from Dimethyl Disulfide and Plant Essentialia. *J Insect Behav* [Internet]. 2013;26:336-51. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/257590433%0ABehavioral>
 63. Jorgensen N, Butler RC, Vereijssen J. Biorational insecticides for control of the tomato potato psyllid. *New Zeal Plant Prot*. 2013;66:333-40.
 64. AM B, SE T, RC B, J V. Effect of selected biorational insecticides and conventional insecticides on transmission of *Candidatus Liberibacter solanacearum* by tomato potato psyllid (*Bactericera cockerelli*) on potato plants - additional trial. 2014.
 65. Lei J, Meng J, Chen IW, Cheng W, Beam AL, Islam MS, et al. Deleterious effects of electron beam irradiation on development and reproduction of tomato/potato psyllids, *Bactericera cockerelli*. *Insect Sci*. 2019;1-29.
 66. Chucho J, Auricau-Bouvery N, Danet JL, Thiéry D. Use the insiders: could insect facultative symbionts control vector-borne plant diseases? *J Pest Sci* (2004). 2017;90(1):51-68.
 67. Xie S, Lan Y, Sun C, Shao Y. Insect microbial symbionts as a novel source for biotechnology. *World J Microbiol Biotechnol* [Internet]. 2019;35(2):0. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s11274-019-2599-8>
 68. Harari AR, Sharon R, Weintraub PG. Manipulation of Insect Reproductive Systems as a Tool in Pest Control. In: Horowitz AR, Ishaaya I, editors. *Advances in Insect Control and Resistance Management*. Switzerland: Springer International Publishing Switzerland; 2016. p. 93-119.
 69. Sinno M, Bézier A, Vinale F, Giron D, Laudonia S, Garonna A Pietro, et al. Symbiosis disruption in the olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Rossi), as a potential tool for sustainable control . *Pest Manag Sci*. 2020;
 70. Zhao DX, Zhang ZC, Niu HT, Guo HF. Selective and stable elimination of endosymbionts from multiple-infected whitefly *Bemisia tabaci* by feeding on a cotton plant cultured in antibiotic solutions. *Insect Sci*. 2019;1-11.
 71. Nieuwenhove GA Van, Oviedo AVF, Dalto YM, Perez J, Horak CI, Gastaminza GA, et al. Gamma radiation phytosanitary treatment against *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera : Aleyrodidae). *Florida Entomol*. 2016;99(2):1-5.
 72. Croxton SD, Stansly PA. Metalized polyethylene mulch to repel Asian citrus psyllid, slow spread of huanglongbing and improve growth of new citrus plantings. *Pest Manag Sci*. 2014;70(2):318-23.
 73. Merfield CN, Geary IJ, Hale RJ, Hodge S. Field evaluation of the effectiveness of mesh crop covers for the protection of potatoes from tomato potato psyllid. *New Zeal J Crop Hortic Sci*. 2015;43(2):123-33.
 74. Nissinen AI, Pihlava JM, Latvala S, Jauhiainen L. Assessment of the efficiency of different control programs to reduce *Trioza apicalis* Först. (Trioziidae: Hemiptera) feeding damage and the spread of “*Candidatus Liberibacter solanacearum*” on carrots (*Daucus carota* spp. sativus L.). *Ann Appl Biol*. 2020;177(2):166-77.
 75. Tzin V, Yang X, Jing X, Zhang K, Jander G, Douglas AE. RNA interference against gut osmoregulatory genes in phloem-feeding insects. *J Insect Physiol* [Internet]. 2015;79:105-12. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jinsphys.2015.06.006>
 76. Bruner SC, Scaramuzza LC, Otero AR. Catálogo de los insectos que atacan a las plantas económicas de Cuba. Segunda Ed. La Habana: Academia de Ciencias de Cuba. Instituto de Zoología; 1975. 399 p.
 77. Ouvrard D. Psyllist - The World Psylloidea Database. [Internet]. 2020. 2020 [cited 2020 Jun 24]. Available from: <http://www.hemiptera-databases.com/psyllist>
 78. Alemán J, Baños H, Ravelo J. Diaphorina citri y la enfermedad Huanglongbing: una combinación destructiva para la producción citrícola. *Rev Protección Veg*. 2007;22(3):154-65.
 79. Guisan A, Tingley R, Baumgartner JB, Naujokaitis-Lewis I, Sutcliffe PR, Tulloch AIT, et al. Predicting species distributions for conservation decisions. *Ecol Lett*. 2013;16(12):1424-35.
 80. Karuppaiah V, Sujayanad GK. Impact of climate change on population dynamics of insect pests. *World J Agric Sci* [Internet]. 2012;8(3):240-6. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/259240426>
 81. Wan J, Wang R, Ren Y, McKirdy S. Potential Distribution and the Risks of *Bactericera cockerelli* and Its Associated Plant Pathogen *Candidatus Liberibacter Solanacearum* for Global Potato Production. *Insects*. 2020;11(298):1-14.

82. Garrett KA, Forbes GA, Gómez L, Gonzáles MA, Gray M, Skelsey P, et al. Cambio climático y adaptación en el Altiplano boliviano. In: Jiménez E, editor. Cambio Climático y Adaptación en el Altiplano boliviano. cides-umsa; 2013. p. 71-98.
83. Teresani G, Hernández E, Bertolini E, Siverio F, Marroquín C, Molina J, et al. Search for potential vectors of ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’: population dynamics in host crops. Spanish J Agric Res [Internet]. 2015 Jan 30 [cited 2019 Jan 8];13(1):e1002. Available from: <http://revistas.inia.es/index.php/sjar/article/view/6551>

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existe conflicto de intereses

Contribución de los autores: **Heyker L. Baños Díaz:** realizó contribuciones en el análisis e interpretación de los artículos que conforman la revisión. Participó en la búsqueda de información, en el diseño, revisión y redacción del artículo. **Lizandra Guerra Arzuaga:** participó en la búsqueda de información y redacción del borrador del artículo. **Alberto Castiel Fereres:** realizó contribuciones en el análisis e interpretación de los artículos que conforman la revisión. Realizo la revisión crítica del contenido de los borradores del artículo y en la aprobación final.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)