

Artículo científico

Estimación poblacional del psílido asiático de los cítricos y distribución geográfica de *Tamarixia radiata* como agente de control biológico en áreas de traspatio en El Salvador

Alvarenga-Navarrete, L.A.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas

Campos-Cabrera, L.J.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas.

González-Guadrón, J.T.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas.

Cuadra-Campos, E.J.

Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Espinoza, R.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Huezo-Abarca, L.A.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Romero-de Huezo, A.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Flores-Chorro, J.A.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Morales-Silvestre, M.I.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Sandoval, R.A.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Torres, R.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Eceda-Fúnez, X.I.

Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA).

Martínez, R.A.

Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA).

RESUMEN

ABSTRACT

Esta investigación se efectuó a nivel nacional, específicamente en áreas de traspatio, seleccionando hospederos atractivos y asociados con la alimentación de *Diaphorina citri*. Para ello se definió un listado de hospederos basado en su frecuencia de brotación y distribución a nivel nacional, las visitas de campo fueron efectuadas entre abril y octubre de 2019. El objetivo de la investigación fue estimar la población del Psílido asiático de los cítricos y la distribución geográfica del parasitoide *Tamarixia radiata* como agente de control biológico en áreas de traspatio en El Salvador. Las visitas de campo se efectuaron en las tres principales regiones del país, para ello fue necesario el establecimiento de rutas de exploración y muestreos en las tres principales carreteras del país. En las inspecciones en árboles de traspatio fue necesario considerar la frecuencia de brotación. El reconocimiento y conteo de especímenes del Psílido Asiático de los Cítricos (PAC) por árbol, se realizó mediante el uso de lupas entomológicas 20X; para ello se inspeccionaban brotes de 15 cm de longitud, los datos de campo fueron registrados mediante el uso de formularios y los especímenes de parasitoides fueron identificados por parte del laboratorio del MAG. Finalmente, esta investigación pretende generar información valiosa para las instituciones pertinentes, referente al manejo integrado de la *Diaphorina citri* y el momento en que se pueden tomar acciones o medidas de control preventivas a fin de disminuir los riesgos potenciales del Huanglongbing (HLB) de los cítricos.

This research was carried out at a national level specifically in backyard areas, selecting attractive hosts associated with the feeding of *Diaphorina citri*. For this, a list of hosts was defined based on their sprouting frequency and distribution nationwide, mainly in backyard areas. Field visits were carried out between April and October 2019. The objective of the research was to estimate the population of the Asian citrus psyllid and the geographical distribution of the parasitoid *Tamarixia radiata* as a biological control agent in backyard areas in El Salvador. The field visits were carried out in the three main regions of the country; this required the establishment of exploration and sampling routes on the three main roads of the country. In inspections of backyard trees it was necessary to consider the frequency of sprouting. The recognition and counting of PAC specimens per tree was carried out using 20X entomological magnifying glasses. For this purpose, 15 cm long shoots were inspected, field data were recorded using forms and parasitoid specimens were identified by the MAG laboratory. Finally, this research aims to generate valuable information to the relevant institutions, regarding the integrated management of *Diaphorina citri* and the moment in which preventive actions or control measures can be taken in order to reduce the potential risks of Huanglongbing (HLB) of citrus fruits.

Keywords: *Diaphorina citri*, parasitoid, hosts

ACCESO ABIERTO

Título en inglés:

Population estimate of the Asian citrus psyllid and geographical distribution of *Tamarixia radiata* as a biological control agent in backyard areas in El Salvador

Correspondencia:
joelcamposc@hotmail.com

Presentado:
12 de febrero de 2024

Aceptado:
22 de abril de 2024



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional

Palabras claves: *Diaphorina citri*, parasitoid, hospederos

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación fue desarrollado a través de un convenio de cooperación entre el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Organismo Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA) y la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador (UES).

La investigación sobre el Psilido Asiático de los Cítricos (PAC), se efectuó a nivel nacional específicamente en áreas de traspatio, seleccionando hospederos atractivos y asociados con la alimentación de *Diaphorina citri*. Para ello se definió un listado de hospederos basado en su frecuencia de brotación y distribución a nivel nacional (Tabla 1).

Tabla 1.

Hospederos asociados a la alimentación de *Diaphorina citri* en áreas de traspatio, El Salvador 2019.

Hospedero	Clasificación
Mirto (<i>Murraya paniculata</i> L.)	Primario
Limón criollo (<i>Citrus aurantifolia</i>)	Primario
Limón pérsico (<i>Citrus latifolia</i> Tanaka)	Primario
Naranja (<i>Citrus sinensis</i> Osbeck)	Secundario
Lima	Secundario
Toronja (<i>Citrus paradisi</i>)	Secundario
Mandarina (<i>Citrus reticulata</i>)	Secundario

Para la realización de esta investigación se efectuaron visitas de campo en zonas urbanas, parques municipales, avenidas transitadas, centros turísticos cercanos a cuerpos de agua (se excluyeron los viveros debido a que estas áreas fueron tomados en estudios anteriores por Reyes, 2007). Se efectuaron inspecciones de hospederos primarios y secundarios cada cinco kilómetros en aquellos trayectos que eran demasiado largos. Posteriormente, a las actividades de muestreo y registro en campo, se realizó una fase de gabinete, la cual consistió en el análisis de los datos obtenidos en cada uno de los hospederos inspeccionados por visita.

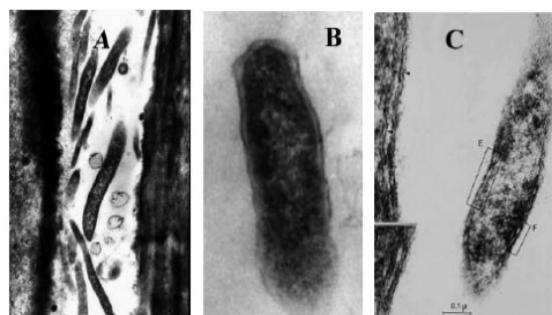
Finalmente, esta investigación pretende generar información valiosa para las instituciones pertinentes, referente al manejo integrado del Psilido Asiático de los Cítricos (PAC) o *Diaphorina citri* y el momento en que se pueden tomar acciones o medidas de control preventivas a fin de disminuir los riesgos potenciales del Huanglongbing (HLB) de los cítricos.

IMPORTANCIA DEL HUANGLONGBING (HLB) DE LOS CÍTRICOS

El HLB de los cítricos o Dragón Amarillo de los Cítricos es causada por una bacteria llamada *Candidatus Liberibacter* spp. (Figura 1), la cual posee tres tipos de raza *Candidatus* *Liberibacter asiaticus* (ampliamente distribuida en todo el mundo), *Candidatus Liberibacter americanus* (presente solamente en São Pablo, Brasil 2005), cuyo vector para ambas razas es *Diaphorina citri*, y *Candidatus Liberibacter africanus* (dispersa solo en el continente africano) y trasmisida por *Trypoxylon erythrocephalum* (presente solo en el continente africano) (Santiváñez et al. 2013).

Figura 1.

Fotografía de microscopio electrónico de la bacteria *Candidatus Liberibacter* spp.



Fuente: Tomado de Bové 2006

Otra forma importante de dispersión de la bacteria tiene que ver con el uso de material vegetativo de propagación asexual no certificado (yemas o varetas) contaminadas con la enfermedad (OIRSA 2015).

La enfermedad, para el año 2019, no está reportada oficialmente en El Salvador, pero existen informes oficiales en los demás países que conforman la Región del OIRSA (República Dominicana 2008, México 2009, Honduras 2009, Belice 2009, Guatemala 2010, Nicaragua 2010, Costa Rica 2011 y Panamá 2016) (MIDA 2016).

Algunos de los síntomas frecuentes, que pueden observarse en campos de cítricos, tienen que ver con el moteado difuso o irregular de hojas, amarillamiento de ramas y engrosamiento de venas laterales (Figura 2) (Flores et al. 2015)

PSÍLIDO ASIÁTICO DE LOS CÍTRICOS (PAC) (*Diaphorina citri*)

El PAC conocido con el nombre común de Chicharrita de los cítricos, es un insecto de hábito chupador/succionador que se alimenta de la savia de las plantas de las especies comerciales de cítricos y algunas ornamentales como el

mírto (*Murraya paniculata*). El mírto no es considerada especie vegetal de interés comercial como las otras especies de la familia de las Rutáceas (Naranja, Mandarina, Limón, entre otros), pero su uso es de forma ornamental a nivel de traspatio. Las inspecciones sobre esta especie cobran real importancia, ya que el mírto es considerado el hospedero más común de la *Diaphorina citri*, sin embargo, las brotaciones continuas que presentan, pueden jugar un rol importante en mantener las poblaciones altas en momentos en que los cítricos no presentan brotaciones (Tsai et al., citado por Asplanato et al. 2009). Además, que la tasa de oviposición de *D. citri* sobre *M. paniculata* es mayor que en otros hospederos cítricos.

El aspecto del insecto adulto (volador) es de color gris, negro y marrón, su tamaño promedio es de 2.0 a 3.0 mm; cuando se alimenta de los brotes tiernos de la planta forma un ángulo de 45° sobre la superficie (Figura 3) (Augier et al. 2006).

Figura 2.
Síntomas de HLB en limón pérsico (*C. latifolia*).



Nota: (A) Moteado difuso; (B) Manchas angulares; (C) Manchas angulares y puntos cloróticos; (D) Engrosamiento y acorcharamiento de nervadura; (E) Amarillamiento generalizado de la lámina foliar; (F) Frutos de rama sintomática con amarillamiento asociado a HLB; (G) Fruto de rama sana. **Fuente:** Tomado de Flores et al. 2015.

Figura 3.
Aspecto del psílido asiático de los cítricos en su estado adulto.



Fuente: FDASC-DPI 2008.

Cuando existen altas poblaciones del PAC, ocasiona daños directos en el follaje de los árboles, produciendo enrollamiento o deformación de hojas y brotes tiernos (llamado comúnmente Pico de Lora) y muerte de yemas o cogollos que afectan el desarrollo normal de las plantas. Trabajos realizados en México por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA), efectuado por Martínez Carrillo (2008), define los siguientes niveles de infestación para el manejo integrado del PAC en plantaciones de cítricos (Tabla 2).

Tabla 2.

Niveles críticos de control para el Psílido Asiático de los Cítricos (*Diaphorina citri*)

Infestación	Brote
Nulo	Sin insectos
Bajo	5 Insectos/Brote
Medio	6 a 20 Insectos/Brote
Alto	21 en adelante

Fuente: Martínez Carrillo (2008.)

Las ninfas son de un color amarillo claro y con un par de ojos rojos, a medida que van madurando pueden presentar manchas negras de forma horizontales en su dorso; el tamaño promedio es de 0.10 mm a 1.6 mm, estas son poco móviles y no poseen alas (Martínez Carrillo 2008)

Figura 4.

Estadios ninfales de *Diaphorina citri*.



Fuente: Hall 2008.

Las características morfológicas del vector son de gran importancia a la hora de reconocer y estimar la población total del PAC en los brotes tiernos de los árboles, así como también dentro de los bordes de la plantación (efecto de borde). El muestreo del PAC es muy importante debido a que es capaz de transmitir la enfermedad en fincas vecinas afectadas con el HLB de los cítricos, razón por la cual, es de gran importancia el reconocimiento de los estadios inmaduros (ninfas) del PAC. Las ninfas en su 4.^º y 5.^º estadio son capaces de transmitir la enfermedad, llegando a su estado adulto (volador), donde es capaz de diseminar la enfermedad en diferentes árboles dentro de una misma plantación; así como también la dispersión del HLB de una

finca contaminada a fincas sanas o libres de la enfermedad que no reciben ningún tipo de control sobre este vector (Chiou-Nan 1998).

Se debe destacar que el PAC no es portador de la enfermedad del HLB cuando se encuentra en su estado de huevo, ninfa (1.^o, 2.^o y 3.^o). El desarrollo de la enfermedad dentro del cuerpo del PAC, comienza cuando este succiona la savia de una planta infectada durante 30 minutos, luego esta pasa a la hemolinfa del insecto, existiendo un tiempo de incubación (el desarrollo de la enfermedad en el insecto tarda entre 8 a 12 días, después de este tiempo el vector es capaz de transmitir la enfermedad durante todo su ciclo de vida a un árbol de cítrico sano (Xu et al., citado por Kondo

2017).

Lo cual es un indicador muy importante dentro de una plantación a la hora de realizar controles preventivos sobre el vector y la diseminación de la enfermedad. La capacidad de vuelo del PAC adulto es de un metro de distancia cuando se desplaza entre las ramas de una planta a otra o entre árboles de cítricos cercanos (Hall 2008).

Otros estudios realizados por Hall y Hentz, mencionado por Kondo (2017) en Florida, EE.UU., demuestran que el PAC vuela a una distancia entre 30 y 100 metros en el transcurso de un mes (Tabla 3).

Tabla 3.

Velocidad de dispersión de HLB estimada en Estados Unidos, México y Brasil

País/ Estado	Primera detección	Segunda detección	Gradiente distancia (Km)	Velocidad/ dispersión /Año (Km)
USA - Florida	Oct-2005	Ago-2008	170	57
México - P. Yucatán	Ago-2009	Ene-2011	100	67
Brasil - Sao Paulo	Mar-2004	Ene-2010	300	53

Fuente: Tomado de SENASICA 2013

PARASITOIDE *Tamarixia radiata*

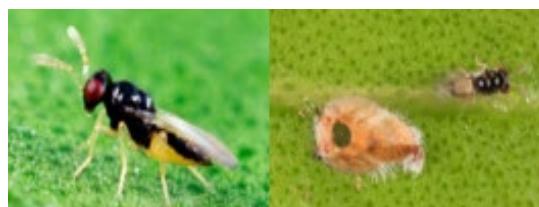
Tamarixia radiata es una avispa que actúa como parasitoide y tiene un tamaño entre 0.92 a 1.0 mm de longitud (Figura 4). El parasitoide coloca sus huevecillos en las ninfas del PAC en sus estados finales 4.^o y 5.^o antes de llegar a su fase adulta (volador). Al emerger, realiza un orificio en la parte dorsal de la ninfa parasitada. Es un eficaz controlador natural del PAC (Figura 5 y 6) (Kondo et al. 2017).

Una sola hembra de *Tamarixia radiata* es capaz de parasitar a más de 500 ninfas del PAC. Las hembras son atraídas por la mielecilla excretada por ninfas del PAC cuando estos se alimentan de brotes tiernos o suculentos (Benítez 2013, citado por Hernández 2016).

De acuerdo con programas del Centro Nacional de Referencia de Control Biológicos- SENASA en México, los meses idóneos para su liberación son aquellos donde se encuentre alta presencia de ninfas del PAC, que justamente coincide con los meses lluviosos de mayo a agosto; cuando se cuenta con agua o disponibilidad de riesgo todo el año en la plantación y las brotaciones son permanentes, las liberaciones deberán efectuarse en forma continua. El número promedio de *Tamarixia radiata* o avispas a liberar para el control del PAC (*Diaphorina citri*) con base al grado de infestación presente en la zona y según la densidad de plantas presentes. Por tanto, si observamos más de 20 ninfas de *Diaphorina citri* en promedio por brote/árbol, se deben liberar 100 individuos por 50 metros lineales; al

Figura 5.

Especimen adulto de Tamarixia radiata y parasitoide emergiendo de una ninfa de Diaphorina citri.



Fuente: Citricas.Com 2019

Figura 6.

Aspectos biológicos de Tamarixia radiata.



Nota: A. Huevo (en círculo); B. Larva; C. Prepupa; D. Pupa; E. Pupa madura; F. Apariencia de momia en vista dorsal (Pupa madura); G. Orificio de emergencia del parasitoide; H. Adulto hembra; I. Adulto macho. **Fuente:** Restrepo et al. 2016.

observar menores a 20 ninfas en promedio por brote se debe liberar 100 individuos por cada 100 metros lineales (SENASICA 2013).

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación fue efectuada a nivel nacional, principalmente en áreas de traspatio; las visitas de campo entre el 25 de abril al 30 de octubre de 2019, las cuales fueron planificadas con un técnico especialista del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y apoyadas con materiales y equipos del Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA).

Las visitas de campo se efectuaron en las tres principales zonas del país: (zona occidental, central y oriental), para ello fue necesario el establecimiento de rutas de exploración y muestreos en las tres principales carreteras del país (Longitudinal del norte, Panamericana y Litoral). Para el desarrollo de las inspecciones en árboles de traspatio fue necesario considerar la frecuencia de brotación de algunos hospederos antes mencionados. El reconocimiento y conteo de especímenes del PAC por árbol, se realizó mediante el uso de lupas entomológicas 20x (veinte veces su tamaño real), para ello se inspeccionaban brotes de 15 cm de longitud no importando la especie de cítrico comercial u ornamental (mírto), los datos de campo fueron registrados mediante el uso de formularios.

Además, se registraron los siguientes datos: ubicación geográfica (georreferenciación) de cada uno de los árboles inspeccionados, para ello se hizo uso de la siguiente aplicación (App) Handy GPS Lite, el sistema de proyección utilizado fue Universal Transverse Mercator (UTM) y Datum World Geodetic System (WGS 84), además se registraron variables climáticas como: temperatura (°C), humedad relativa (%) y precipitación (mm) para ello se utilizó la aplicación (App) Tiempo en Vivo. Por último, se registró una variable cualitativa llamada fenología del árbol inspeccionado (como por ejemplo, brotación, floración,

fructificación).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de efectuar 21 visitas de campo, y de acuerdo con los registros obtenidos a nivel nacional en áreas de traspatio en El Salvador, se realizaron viajes de campo en los 14 departamentos del país. El total de municipios inspeccionados fue de 154, lo que representa el 59.2 % de los 272 municipios de acuerdo a la división política de El Salvador, donde en el departamento de La Libertad y Chalatenango se visitaron 19 municipios, mientras que el departamento de San Salvador fue el menor visitando con 5 municipios de los 19 que le corresponde según su división política (Figura 7).

El total de sitios inspeccionados a nivel nacional fue de 768; el departamento de La Libertad fue el que reportó la mayor cantidad de hospederos inspeccionados, con un total de 129, y el departamento que obtuvo la menor cantidad de lugares inspeccionados fue San Salvador con 10 sitios (Figura 8). El total de PAC contabilizados a nivel nacional fue de 8,719 especímenes, reportándose en el departamento de La Libertad la mayor cantidad de especímenes (2,303) y el departamento con la menor cantidad de insectos del PAC fue Cabañas (27 especímenes) (Figura 9).

La mayor densidad poblacional del PAC la reportó el departamento de San Salvador con 31 insectos, mientras que las menores densidades se encontraron en Cabañas con 2 especímenes y Morazán con 1 por sitio muestreado (Figura 10). A nivel de traspatio en El Salvador, se obtuvo presencia de parasitismo de *Tamarixia radiata* en 96 hospederos; de los cuales el departamento que obtuvo la mayor cantidad de lugares con parasitismos fue La Libertad con 18 sitios y los departamentos que presentaron la menor cantidad de lugares con presencia de parasitismo fueron Cabañas y San Salvador con un sitio inspeccionado para cada uno (Figura 11).

Figura 7.
Municipios visitados en El Salvador de abril a octubre del 2019

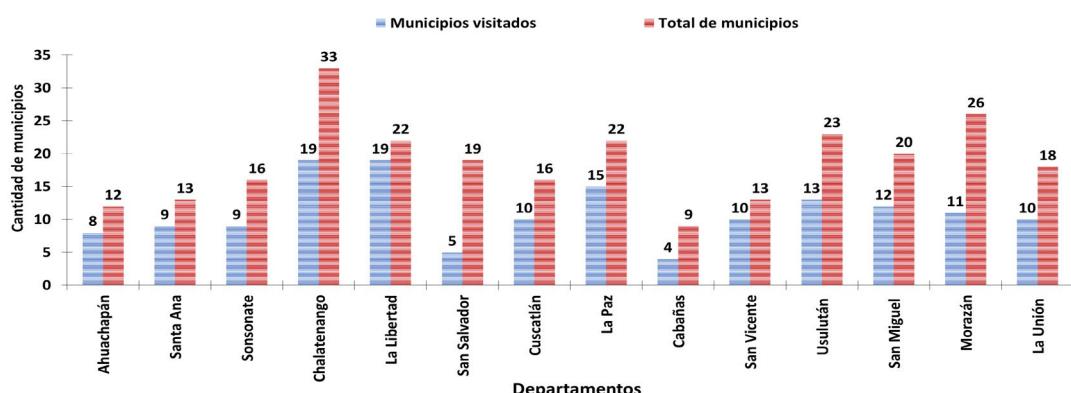


Figura 8.

Sitios inspeccionados por departamento para El Salvador en el periodo de abril a octubre del 2019



Figura 9.

Total del PAC por departamento de abril a octubre del 2019

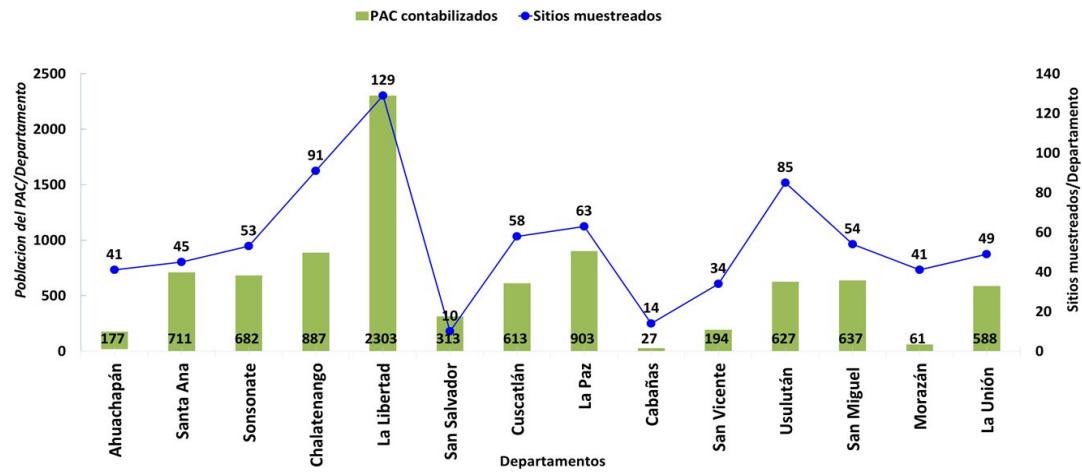


Figura 10.

Densidad población de *Diaphorina citri*, por departamento de abril a octubre del 2019.

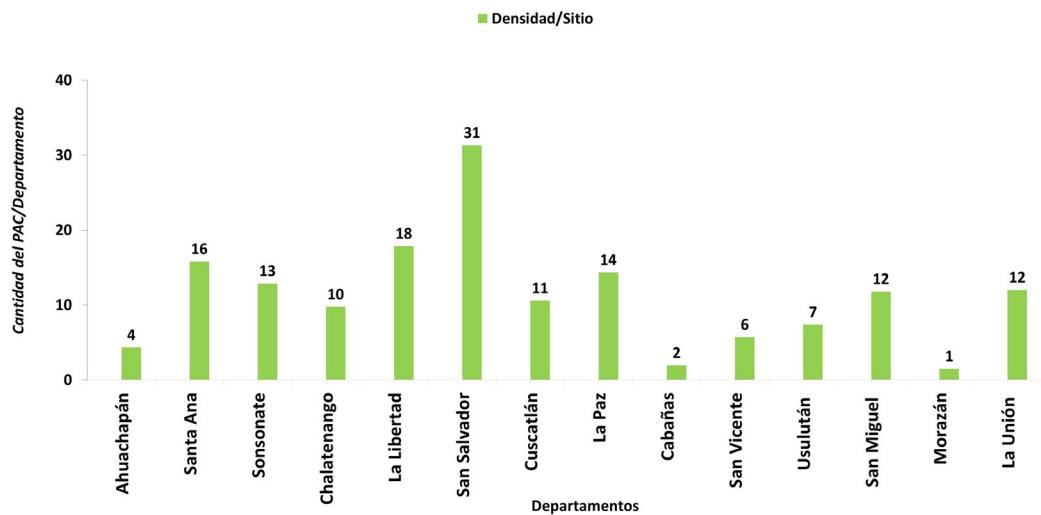
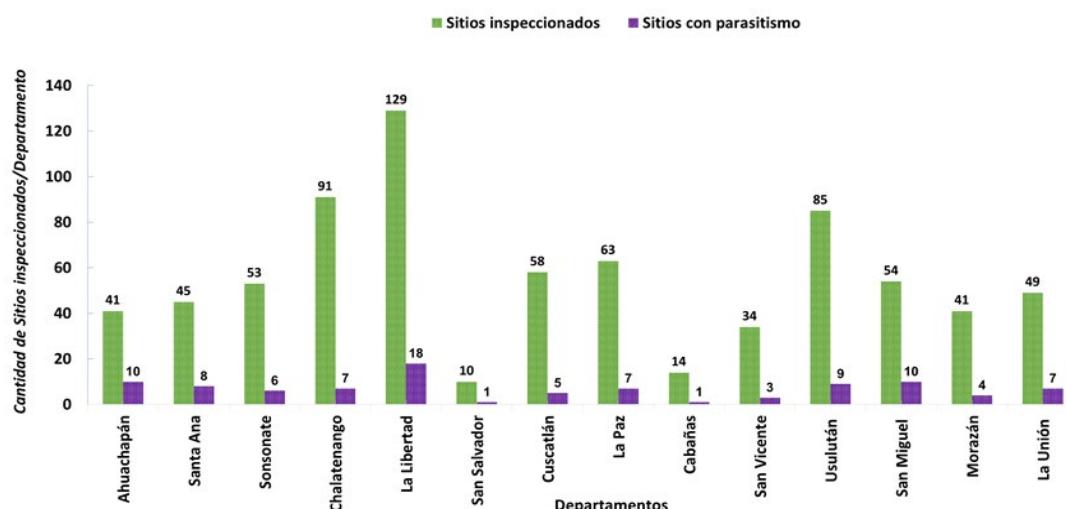


Figura 11.Presencia de parasitismo de *Tamarixia radiata* en sitios inspeccionados por departamento en el periodo de abril a octubre del 2019.

A nivel nacional, del total de sitios muestreados solamente el 13 % presentó parasitismo causado por *Tamarixia radiata*. A nivel nacional, el 42 % de los 262 municipios con parasitismo. El total de ninfas del PAC con síntomas observables de perforación en su parte dorsal o con apariencia de ninfas de color rosado a morado (meconio) fue de 317 especímenes, de los cuales el departamento que obtuvo la mayor cantidad de ninfas del PAC con presencia de parasitismos fue San Miguel con 69 ninfas representando el 22 % a nivel nacional y el departamento que obtuvo la menor cantidad de ninfas del PAC fue Cabañas con al menos dos ninfas parasitadas (1 % a nivel nacional).

El total de especímenes de *Tamarixia radiata* identificados por el Laboratorio de Diagnóstico Vegetal de Santa Ana a nivel nacional fue de 97; divididos en 49 hembras, 27 machos y 21 insectos que no se lograron identificar. Los departamentos que obtuvieron la mayor cantidad de especímenes de *Tamarixia radiata* fueron Usulután con 12 hembras y 10 machos y La Libertad con 13 hembras, 7 machos y 3 sin identificar y los departamentos que reportaron menor cantidad del parasitoide fueron Sonsonate con una hembra, Cuscatlán con una hembra y Cabañas que no presentó espécimen de *Tamarixia radiata* (Figura 12). El porcentaje de parasitismo mínimo reportado a nivel nacional fue de 1.17 % en el departamento de Sonsonate y el máximo fue del 10.83 % ubicado en San Miguel (Figura 13).

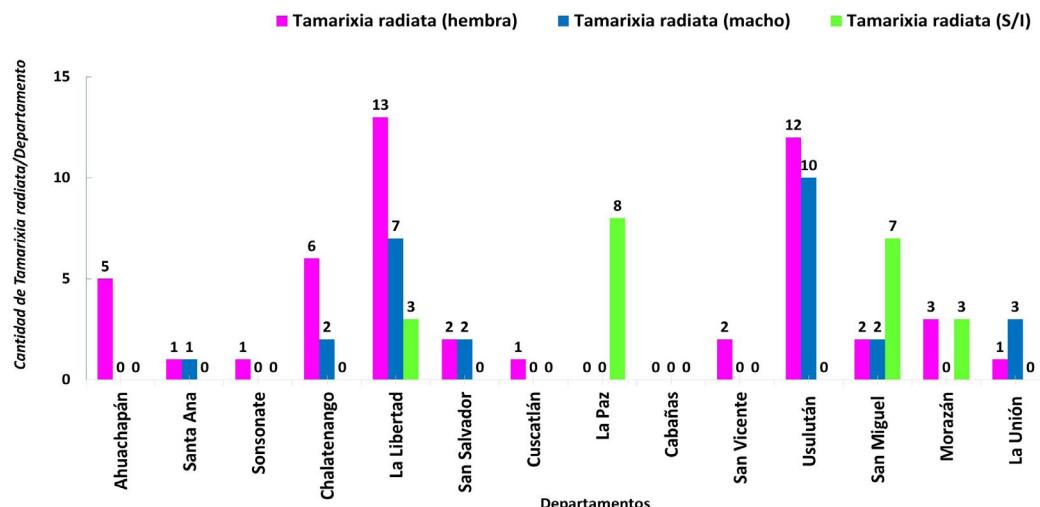
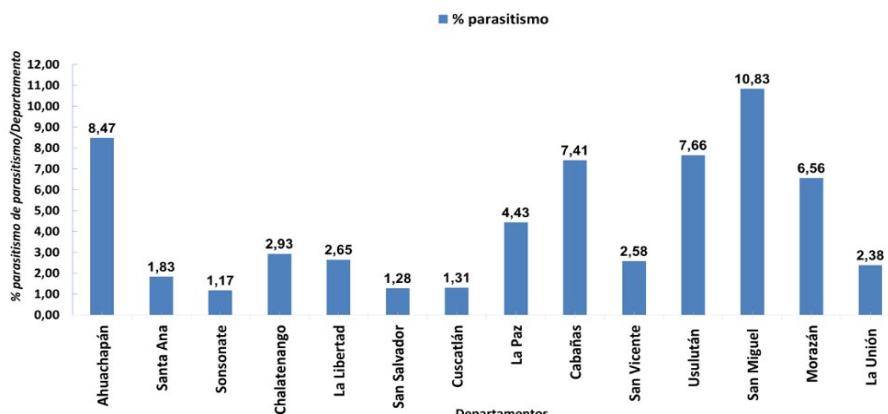
Figura 12.Totales de especímenes de *Tamarixia radiata* por departamento de abril a octubre del 2019.

Figura 13.

Porcentajes de parasitismo por departamento de abril a octubre del 2019.



Además, se encontraron 5 Encyrtidae, donde 2 se encontraron en el departamento de La Paz, 2 en San Miguel y 1 Morazán. Coccinelidae se encontraron 5 adultos: 2 en Santa Ana, 2 en La Libertad, 1 en Chalatenango y 2 adultos en La Unión. Crysomelidae se encontraron 2 adultos en San Vicente. Finalmente se identificó un hongo entomopatógeno parasitando adulto de *Diaphorina citri* conocido como *Akantomyces* sp. en Cuscatlán.

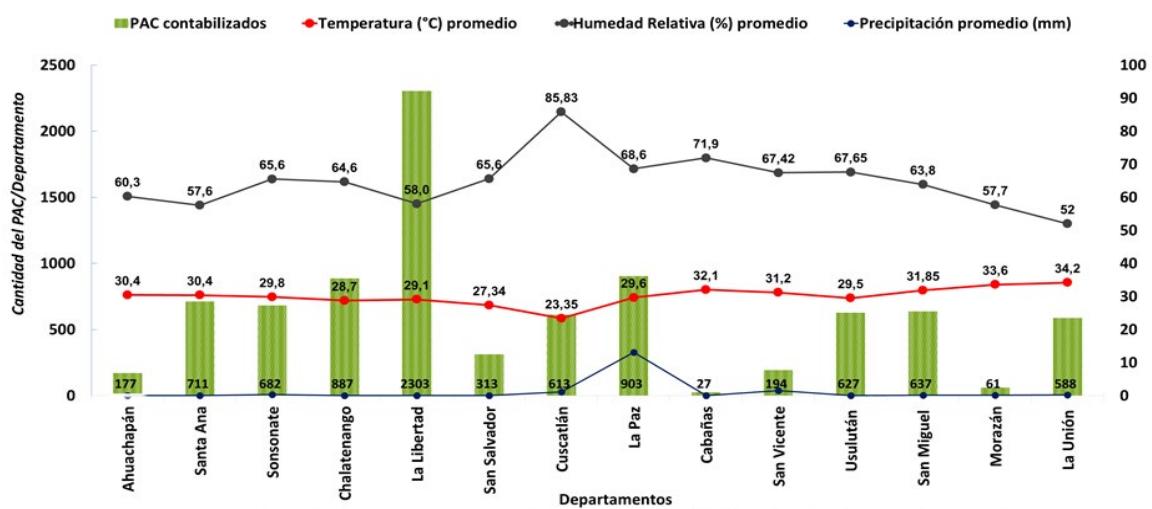
Se registró un promedio de 30.1 °C durante las 21 visitas de campo, con un máximo en el departamento de La Unión

(34.2 °C) y Morazán (33.6 °C). El departamento que registró la temperatura más baja fue Cuscatlán con 23.3 °C.

La humedad relativa promedio registrada durante las 21 visitas de campo fue 60.7 %, con un máximo en el departamento de Cuscatlán (85.83 %). El departamento que registró la humedad relativa más baja fue La Unión con 52 %. La precipitación promedio registrada durante las 21 visitas de campo fue 0.2 mm de lluvia (Figura 14).

Figura 14.

Variables climáticas registradas de abril a octubre del 2019



El total de hospederos ornamentales (mírto) inspeccionados fue de 591 plantas; el departamento con mayor cantidad de mírtos muestreados fue La Libertad con 91 plantas, de las cuales 71 se encontraban en brotación, 19 en floración y 1 en fructificación. El departamento con la menor cantidad de mírtos inspeccionados fue San Salvador con 8 plantas de las cuales 6 se encontraban en brotación, 1 en floración y 1 en fructificación.

El total de cítricos inspeccionados de la variedad criolla (índio) fue de 108 árboles. El departamento con la mayor cantidad de limón índio fue La Libertad con 28 árboles, de los cuales 23 se encontraban en brotación, 3 en floración y 2 en fructificación. El departamento con la menor presencia de limón índio fue San Salvador en el municipio de Ilopango con un árbol.

El total de cítricos inspeccionados para la variedad pérsono fue de 15 árboles. El departamento con la mayor presencia de limón pérsono fue Chalatenango con 6 árboles. El resto de departamentos reportó una cantidad de árboles menores a 1. Para la variedad naranja agria fue de 18, naranja valencia 13, naranja Washington 8, naranja sin identificar 4, mandarina reina fue de 1, mandarina sin identificar 5, toronja fue de dos y lima fue de un árbol, el cual no se identificó su variedad; el departamento con mayor presencia de estos cítricos es Cuscatlán con 2 naranjas agria, 3 naranja valencia, 2 naranja Washington y 3 mandarina sin identificar, de los cuales 8 árboles se encontraban en brotación y 2 en fructificación (Figura 15).

A nivel nacional, del total de sitios inspeccionados el 77 % fueron mirtos, mientras que el 23 % fueron cítricos. El hospedero con la mayor cantidad de *D. citri* fue mirto principalmente en el departamento de La Libertad con un recuento total de 1,845 especímenes, mientras que el departamento con las menores cantidades del PAC en mirto fue Cabañas con 24 especímenes. El siguiente hospedero con las más altas cantidades del PAC fue limón criollo, específicamente en el departamento de Ahuachapán con 373 especímenes, en limón pérsono se contabilizaron las mayores cantidades del vector en el departamento de San Miguel con 78 especímenes; mientras que otros cítricos no presentaron poblaciones significativas (Figura 16).

Figura 15.
Hospederos por departamento inspeccionados de abril a octubre del 2019

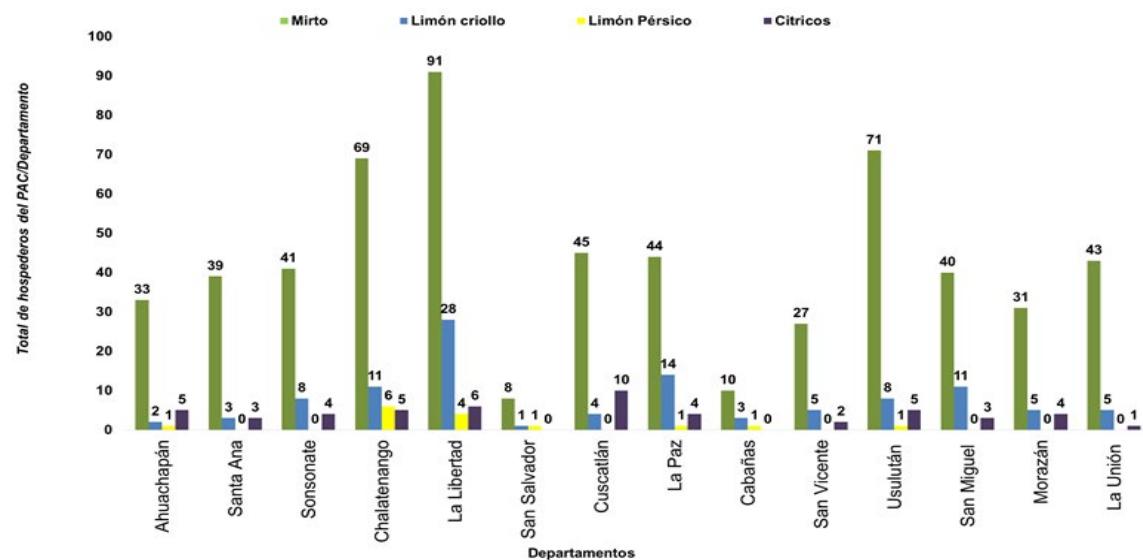
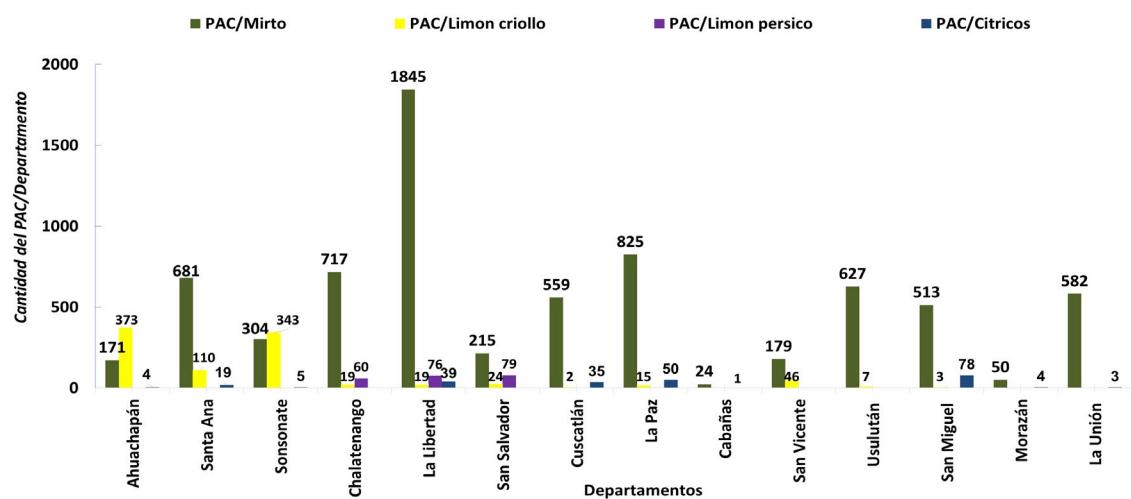


Figura 16.
Población del PAC de acuerdo al hospedero por departamento de abril a octubre del 2019



Referente al tema de *Tamarixia radiata* se registró que el sitio con mayor número de parasitoides fue el municipio de Puerto El Triunfo, departamento de Usulután con un total del PAC de 58 especímenes, un porcentaje de ninfas parasitadas de 0 % a 19.61 % y un total de *Tamarixia radiata* de 9 especímenes en hospederos de mirto en fase de brotación y floración, además se registraron en ese sitio las siguientes variables climáticas: 30.6 °C, 67.2 % HR, 0.00 mm de precipitación y 4 m s. n. m. (metros sobre el nivel del mar).

El segundo sitio con mayor número de parasitoides se reportó en el municipio de La Libertad, departamento de La Libertad con un total de PAC de 686 especímenes, un porcentaje de ninfas parasitadas de 0.89 % a 44.89 % y un total de *Tamarixia radiata* de 7 especímenes en hospederos de mirto, con una fase fenológica de brotación y floración; además se registraron en ese sitio las siguientes variables climáticas: 31.2 °C, 56.4 % HR y 0.00 mm de precipitación y 10 m s. n. m.

Nuestros resultados concuerdan con los de Kondo (2017), donde menciona que bajo condiciones experimentales *Tamarixia radiata* se desarrolla en 25 y 27° C, 70 % HR, pero más bien los resultados coinciden con Sánchez et al. (2015), quienes afirman que este parasitoide tiene la habilidad de adaptarse a diferentes condiciones; debido a ello se ha utilizado ampliamente en programas de control biológico contra *D. citri*, es decir, que *Tamarixia radiata* se desarrolla con mayor facilidad en condiciones climáticas de la zona costera que oscila entre 30- 35 °C en El Salvador

Las mayores poblaciones de *Diaphorina citri* se reportaron en los hospederos: mirto con un total de especímenes del vector de 7,292 en 592 setos inspeccionados; limón criollo (indio) con 973 especímenes en 107 árboles muestrados; limón pérsico con 207 especímenes en 13 árboles; naranja (valencia, agria y Washington) con 233 especímenes en 43 árboles; mandarina (Jamaica, reina y especies sin identificar) con 4 especímenes en cinco árboles; toronja con 0 especímenes en dos árboles y lima con 0 especímenes en un árbol. Según Tsai et al., (citado por Asplanato et al. 2009), mencionan que se ha encontrado que el mirto no es un hospedero preferente del psílido, sin embargo, las brotaciones continuas que presentan pueden jugar un rol importante en mantener las poblaciones altas en momentos en que los cítricos no presentan brotaciones.

Para el departamento de Ahuachapán, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron San Francisco Menéndez (65 insectos) y Concepción de Ataco (37 insectos), debido al ambiente propicio en cuanto a brotes tiernos en los hospederos inspeccionados y la temperatura idónea para el desarrollo del PAC.

Se destaca que los mismos municipios presentaron los mayores porcentajes de parasitismo de *Tamarixia radiata*

en campo con valores del 33.33 % en cada uno. San Francisco Menéndez y Tacuba presentan el mayor número de especímenes adultos de *Tamarixia radiata* recolectados con un total de 2 en cada uno.

Para el departamento de Santa Ana, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron Metapán (501 insectos) y Santiago de la Frontera (88 insectos), debido al ambiente propicio en cuanto a brotes tiernos en los hospederos inspeccionados y la temperatura idónea para el desarrollo del PAC (de 30 a 31 °C). Se destaca que el municipio de Metapán presentó el mayor de porcentaje de parasitismo de *Tamarixia radiata* en campo con valor del 18.32 %.

Para el departamento de Sonsonate, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron Acajutla (405 insectos) y Santa Isabel Ishuatán (91 insectos), debido al ambiente propicio en cuanto a brotes tiernos en los hospederos inspeccionados y la temperatura idónea para el desarrollo del PAC (rango de temperatura entre 29.6 y 32 °C); también se presentan cantidades altas de humedad relativa (de 60.2 y 67.8 %). Para el municipio de Sonsonate se recolectó un único espécimen adulto hembra de *Tamarixia radiata*.

Para el departamento de Chalatenango, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron Nueva Concepción con 228 PAC y Concepción Quezaltepeque con 135 insectos, debido al ambiente propicio en cuanto a brotes tiernos en los hospederos inspeccionados y la temperatura idónea para el desarrollo del PAC. Se destaca que el municipio de San Miguel de Mercedes presentó el mayor porcentaje de parasitismo de *Tamarixia radiata* en campo con valor del 100 %, seguido del municipio de Nueva Concepción con el 42.86 %. De 7 especímenes adultos de *Tamarixia radiata* recolectados en el departamento de Chalatenango, Azacualpa presenta el mayor número de especímenes recolectados con un total de 2.

Para el departamento de La Libertad, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron La Libertad con 686 PAC y San Matías con 410 insectos, debido al ambiente propicio en cuanto a brotes tiernos en los hospederos inspeccionados y la temperatura idónea para el desarrollo del PAC (rango de temperatura entre los dos municipios: 30.1 y 31.2 °C). Se destaca que el municipio de Ciudad Arce presentó el mayor porcentaje de parasitismo de *Tamarixia radiata* en campo con valor del 100 %, seguido del municipio de San Pablo Tacachico con el 60 %. De los 20 especímenes adultos de *Tamarixia radiata* recolectados en el departamento de La Libertad, el municipio de La Libertad presenta el mayor número de especímenes recolectados con un total de 7.

Para el departamento de La Libertad, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron La

Libertad con 686 PAC y San Matías con 410 insectos, debido al ambiente propicio en cuanto a brotes tiernos en los hospederos inspeccionados y la temperatura idónea para el desarrollo del PAC (rango de temperatura entre los dos municipios: 30.1 y 31.2 °C). Se destaca que el municipio de Ciudad Arce presentó el mayor porcentaje de parasitismo de *Tamarixia radiata* en campo con valor del 100 % seguido del municipio de San Pablo Tacachico con el 60 %. De los 20 especímenes adultos de *Tamarixia radiata* recolectados en el departamento de La Libertad, el municipio de La Libertad presenta el mayor número de especímenes recolectados con un total de 7.

Para el departamento de San Salvador, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron San Salvador con 170 PAC y Nejapa con 67 insectos, debido al ambiente propicio en cuanto a brotes tiernos en los hospederos inspeccionados como la disponibilidad de mirto en los municipios y la temperatura idónea para el desarrollo del PAC (rango de temperatura entre los dos municipios: 28.7 y 29 °C). Se destaca que el municipio de Soyapango presentó el mayor porcentaje de parasitismo de *Tamarixia radiata* en campo con valor del 25 %. De los 3 especímenes adultos de *Tamarixia radiata* recolectados en el departamento de San Salvador, el municipio de Soyapango presenta el mayor número de especímenes hembras recolectados con un total de 2.

Para el departamento de Cuscatlán, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron Suchitoto con 312 PAC y Santa Cruz Analquito con 95 insectos, debido al ambiente propicio en cuanto a brotes tiernos en los hospederos inspeccionados y la temperatura idónea para el desarrollo del PAC. Se destaca que el municipio de Suchitoto presentó el mayor porcentaje de parasitismo de *Tamarixia radiata* en campo con valor del 66.67 %. El único espécimen adulto hembra de *Tamarixia radiata* fue recolectado en el municipio San Bartolomé Perulapía.

Para el departamento de La Paz los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC contabilizaron fueron San Juan Talpa con 410 PAC y Cuyultitán con 120 insectos, debido a que se registran temperaturas arriba de los 30°C y una humedad relativa donde no infiere en la reproducción del psílido. Se destaca que el municipio de San Juan Tepezontes presentó el mayor porcentaje de parasitismo de *Tamarixia radiata* en campo con valor del 100 %.

De los 8 especímenes adultos de *Tamarixia radiata* recolectados en el departamento de La Paz, los municipios de El Rosario y San Pedro Nonualco presentan los mayores números de especímenes recolectados con un total de 2 en cada uno. El enemigo natural de vector del HLB se encuentra en mayor presencia que en comparación al departamento de Cuscatlán ya que las diferencias de

temperatura son significativas, siendo más caluroso en La Paz y proporcionando el establecimiento seguro del parasitoide.

Para el departamento de Cabañas, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron Ilobasco con 13 PAC y Sensuntepeque con 10 insectos. El departamento presenta condiciones climáticas donde *Diaphorina citri* no tendría obstáculos para desarrollarse, pero la ausencia o poca presencia de hospederos principalmente mirto, es que ubican a este departamento entre los más bajos en poblaciones del vector del HLB.

Las poblaciones bajas inciden en la ausencia del parasitoide *Tamarixia radiata* donde solo se encontraron 2 ninfas con presencia de parasitismo, este controlador biológico busca nuevos hospederos donde las poblaciones del PAC sean altas para establecerse. Las condiciones climáticas para el desarrollo de *Tamarixia radiata* posiblemente no sean las óptimas ya que prefiere condiciones de zonas costeras como es el caso en la playa San Diego, departamento de La Libertad donde se ha reportado mayor presencia del insecto.

Para el departamento de San Vicente, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron Verapaz con 109 PAC y Apastepeque con 29 insectos.

En este departamento se registran temperaturas más altas, humedad relativa más baja, menor precipitación en los municipios que se encuentran a 500 m s. n. m. o cerca del mar, donde las temperaturas son más cálidas, lo que incide en que *D. citri* encuentre las condiciones climáticas requeridas para el aumento en la densidad poblacional ya que las condiciones ambientales aceleran el ciclo biológico del insecto. Con condiciones climáticas como las que presenta San Vicente y las altas poblaciones del vector, se reportó la presencia del parasitoide *Tamarixia radiata*, dejando evidencia de las preferencias climáticas del controlador biológico. De los 2 especímenes adultos de *Tamarixia radiata* recolectados en el departamento, el municipio de Apastepeque y Tecoluca presentan los mayores números de especímenes recolectados con un total de 1 en cada uno.

Para el departamento de Usulután, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron Ozatlán con 209 PAC y Mercedes Umaña con 115 insectos. La alta presencia de hospederos mirtos en brotación y las condiciones climáticas favorables provocan las altas poblaciones del PAC donde posicionan al departamento entre los más infestados por *Diaphorina citri*, pero las presencias de estas altas densidades son atractivas para parasitoides como *Tamarixia radiata* en donde se reportó la más alta cantidad de especímenes, lo que hace al departamento como una fuente de un pie de cría a futuro para su reproducción.

De los 22 especímenes adultos de *Tamarixia radiata* recolectados en el departamento, el municipio de Puerto El Triunfo presentó el mayor número de especímenes recolectados a nivel nacional con un total de 9 (5 hembras y 4 machos), seguido de Nueva Granada con 4 (2 hembras y 2 machos). El parasitoide fue reportado entre 400 a 4 m s. n. m. donde el clima es muy cálido y la humedad relativa es baja por lo que acelera el ciclo biológico y su reproducción es más corta para la producción de especímenes en menor tiempo.

Para el departamento de San Miguel, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC contabilizados fueron Chirilagua con 207 PAC y Chinameca con 88 insectos.

El departamento de San Miguel cuenta con similares condiciones climáticas con Usulután por lo tanto presentó altas densidades del PAC en hospederos principalmente de mirto. De los 9 especímenes adultos de *Tamarixia radiata* en el departamento, el municipio de Chinameca presentó el mayor número de especímenes recolectados con un total de 4, seguido de San Gerardo y Moncagua con 2 en cada uno. Se demuestra que el parasitoide prefiere temperaturas cálidas y secas para su reproducción a una elevación en el departamento de San Miguel que ronda entre 550- 50 m s. n. m.

Para el departamento de Morazán, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron San Simón con 25 PAC y Sociedad con 16 insectos. La baja población del PAC registrada en el departamento de Morazán es debido a que los muestreos se realizaron en los municipios más altos que van desde 500 a 1200 m s. n. m. donde el vector del HLB D. citri no se desarrolla rápidamente, pero por debajo de los 300 m s. n. m. las poblaciones del PAC aumentan por las condiciones cálidas. De los 6 especímenes adultos de *Tamarixia radiata* recolectados en el departamento, los municipios de Oscicala y Sociedad presentaron los mayores números de especímenes recolectados con un total de 2 en cada uno.

Para el departamento de La Unión, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron Anamorós con 202 PAC y Yucuáquín con 135 insectos. La Unión reporta las temperaturas más altas de El Salvador, con estas condiciones el insecto vector se reproduce rápidamente en temperaturas arriba de los 34 °C y a una altura entre 300 a 10 m s. n. m. El único espécimen adulto hembra de *Tamarixia radiata* recolectados en el departamento se reportó en el municipio de Anamorós.

BIBLIOGRAFÍA

Asplanato, G; Pazos, J; Buenahora, J; Amuedo, S; Rubio, L; Franco, J. 2009. EL Psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri*, vector del HLB, problemática

y control en el mundo (en línea). Montevideo, Uruguay, INIA. Consultado 10 ago. 2019. Disponible en <https://bit.ly/2Z0bOVw>

Augier, L; Gastaminza, G; Lizondo, M; Arganaraz, M; Willink, E. 2006. Presencia de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en el Noroeste Argentino (NOA) (en línea). Revista de la Sociedad Entomológica Argentina 65 (3-4): 67-68. Consultado 20 feb. 2019. Disponible en <https://bit.ly/2GVGvWC>

Bové, JM. 2006. HUANGLONGBING: A destructive, newly-emerging, century old disease of citrus. (en linea). Brasil. Consultado 28 oct. 2019. Disponible en <https://bit.ly/2q27FEA>

Chiou-Nan, C.1998. Ecology of the Insect Vectors of Citrus Systemic Diseases and Their Control in Taiwan (en línea). Food and Fertilizer Technology Center Publication Database. Consultado 20 feb 2019. Disponible en <https://cutt.ly/Or2fC1c>

Criticas.com. 2019. Controlador biológico: *Tamarixia radiata*. (en linea). Consultado 05 ene 2020. Disponible en: <https://criticas.com/controlador-biologico-tamarixia-radiata/>

FDASC-DPI (Florida Department of Agriculture and Consumer Services - Division of Plant Industry, Estados Unidos de América). 2008. Adult Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (2-3 millimeters long) on a young citrus leaf (en línea, fotografía). Florida, Estados Unidos de América. Consultado 18 mar. 2019. Disponible en <https://bit.ly/2TaXtm>

Flores Sánchez, JL; Mora Aguilera, G; Loeza kuk, E; Lopez Arroyo, JI; Dominguez Mongue, S; Acevedo Sanchez, G; Robles Garcia, P. 2015. Perdidas en produccion inducidas por *Candidatus Liberibacter asiaticus* en Limón Persa, en Yucatan, Mexico.

Hall, D. 2008. Biology, history and world status of *Diaphorina citri* (en línea). USDA-ARS, Horticultural research laboratory. Consultado 15 ago 2019. Disponible en <https://bit.ly/3d0wqav>

Hernández, 2016. Inverntario de enemigos naturales asociados a *Diaphorina citri* (kuwayama, 1907) (hemiptera: Psyllidae) en dos fincas de produccion citricola en el departamento de San Salvador El Salvador. (En linea). Consultado 20 sep 2020. Disponible en chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcgkclefindmkaj/https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/19_Hernandez_16.pdf

Kondo, T. 2017. Protocolo de cría y liberación de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) (en línea). Mosquera, Colombia, CORPOICA. Consultado 20 feb. 2019. Disponible en <https://bit.ly/2Td0QNm>

Martinez Carrillo, JL. 2008. Ficha técnica de *Diaphorina citri* Kuwayama: Psílido Asiático de los Cítricos (en línea). San Luis Potosí, México, SAGARPA. Consultado 5 abr. 2018. Disponible en <https://bit.ly/2wM9wOE>

- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Panamá). 2016. Resolución No. OAL-039-ADM-2016 Panamá, 3 de febrero (en línea). Consultado 29 feb. 2020. Disponible en <https://cutt.ly/Er60DeT>
- OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, El Salvador). 2015. Protocolo del Manejo Integrado del Huanglongbing. San Salvador, El Salvador, Taiwán ICDF.
- Restrepo García, A. M., Arias Ortega, P. L., y Soto Giraldo, A. 2016. Primer reporte de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) en el departamento de Caldas, Colombia. Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural, 20(1), 204–210. Disponible en <https://doi.org/10.17151/bccm.2016.20.1.15>
- Reyes, R; Cruz, JE. 2007. Diagnóstico del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae), en fincas y viveros de El Salvador. La Libertad, El Salvador, MAG. 25 p.
- Sánchez González, J. A; Vizcarra Valdez, N. I.; Moreno Carrillo, G; Alpizar Puente, R. A; Contreras Bermúdez, Y; Sandoval Rodríguez, D. E.; Palomares Pérez, M; González Cabrera, J.; Medina García, N.I.; Cordoba Urtiz, E. G. 2015. Manual de reproducción masiva de *Tamarixia radiata*. (en línea). Consultado 20 feb. 2020. Disponible en chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/210349/manual_de_reproducci_n_Masiva_de_Tamarixia_Radiata-23-06-2016.pdf
- Santivañez, P; Mora, G; Díaz, G; López, Vernal, P. 2013. Marco Estratégico para la Gestión Regional del Huanglongbing en América Latina y el Caribe (en línea). Santiago de Chile, Chile, FAO. Consultado 20 feb. 2020. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i3319s.pdf>
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, México). 2013. Huanglongbing *Candidatus Liberibacter* spp. (en línea). México. Ficha técnica n° 78. Consultado 26 oct. 2019. Disponible en <https://bit.ly/367xVY7>