



Huanglongbing (HLB) ex greening

Agostini, J. P.; Preussler, C.; Outi, Y.; Cortese, P. y J. P. Bouvet

184	<i>Introducción</i>	189	<i>Detección del primer foco de HLB en Argentina</i>
184	<i>Nombre de la plaga y sinonimia</i>	191	<i>Véctor de HLB - Chicharrita de los Cítricos o Psilido asiático</i>
184	<i>Hospedantes</i>	191	<i>Origen y distribución</i>
184	<i>Síntomas. Daños</i>	191	<i>Nombre de la plaga</i>
185	<i>Manejo de la enfermedad</i>	191	<i>Descripción</i>
185	<i>Programa Nacional de Prevención de Huanglongbing (HLB)</i>	191	<i>Biología</i>
185	<i>Fiscalización</i>	192	<i>Daños</i>
186	<i>Vigilancia y monitoreo</i>	193	<i>Monitoreo</i>
186	<i>Monitoreo</i>	194	<i>Manejo de la plaga</i>
187	<i>Investigación y desarrollo</i>	194	<i>Criterio de intervención</i>
187	<i>Capacitación y difusión</i>	194	<i>Control biológico</i>
187	<i>Capacitación recibida</i>	195	<i>Situación en Argentina</i>
187	<i>Capacitación brindada</i>	196	<i>Bibliografía</i>
188	<i>Difusión</i>		
189	<i>Relaciones Interinstitucionales</i>		

Moschini, R.; Heit, G.; Conti, H.; Cazenave, G. y P. Cortese

199	<i>Riesgo agroclimático de las áreas citrícolas de Argentina en relación a la abundancia del vector de HLB: <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama</i>	201	<i>Factores agroclimáticos</i>
		201	<i>Sitio patrón</i>
		202	<i>Índice de Riesgo Agroclimático (IRA)</i>
		208	<i>Bibliografía</i>

Introducción

HuangLongBing (HLB) es una enfermedad infecciosa distribuida por varios países productores de cítricos de Asia desde siglos pasados. El patógeno asociado con el HLB es una bacteria exclusivamente localizada en los tubos del floema, de tipo Gram-negativa, denominada *Candidatus Liberibacter Jagoueix et al.* (1997) ssp. Esta enfermedad tiene un vector el cual es un psílido *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) (Foto 90) que transmite desde árboles enfermos a árboles sanos, y a otros hospederos alternativos como *Murraya paniculata* L. Jack (Rutaceae) (Foto 91).

En América se la considera como una enfermedad emergente, ya que síntomas de HLB fueron encontrados por primera vez en plantas de naranjo dulce en el estado de São Paulo, Brasil, en marzo de 2004. Meses más tarde del mismo año se demostró que HLB estaba presente en 46 municipios de dicho estado, con algunas plantaciones severamente afectadas, lo que sugería que la enfermedad había estado presente por varios años, pero sin haber sido adecuadamente diagnosticada. El psílido asiático vector de HLB, ha estado presente en Brasil desde 1942 (Gravena, 2006).

En agosto de 2005, HLB fue descubierta en Florida, EEUU, en un árbol de pomelo en una plantación familiar, siete años después se detectó el psílido vector en la misma zona y desde allí se encontró diseminada por la zona productora, ocasionando severas pérdidas a la industria. En 2011 la enfermedad fue diagnosticada en el estado de Texas, EEUU y la presencia del psílido vector en la zona productora de cítricos de California, EEUU. En Cuba, HLB ha sido observada en plantas en patios en La Habana, en febrero 2006 causando pérdidas de hasta casi el 50% de la superficie implantada con cítricos de ese país.

En el 2008 la enfermedad fue reportada en República Dominicana, mientras que al siguiente año otros países de Centro América han reportado la presencia de HLB en sus plantaciones cítricas. El reporte de la enfermedad fue dado sucesivamente por México

en enero, Belize en marzo; Honduras en noviembre, y finalmente Nicaragua en febrero del 2010. En el 2011 Texas, EEUU reportó la presencia de HLB y Riverside California, EEUU la detección del agente vector en esta área cítrica. En Argentina se ha identificado la presencia del vector *D. citri* en la región de Entre Ríos en 1994, y en los últimos tiempos ha avanzado hacia las otras zonas cítricas del país, incluso ha sido detectada en Tucumán la cual era libre del vector, aunque no en plantaciones cítricas sino en arbolados urbano y sobre otro hospedero.

Nombre de la plaga y sinonimia

HLB es también conocida con otros nombres, según la región donde es detectada, tales como enfermedad del brote amarillo en China o como se la denominaba antiguamente en países occidentales, greening. Este nombre aun se sigue utilizando corrientemente en países productores como EEUU y Brasil.

Hospedantes

Todas las especies comerciales de cítricos y cultivares son sensibles a HLB y las plantas, una vez afectadas, no se recuperan y se tornan comercialmente improductivas. Algunos tipos de trifolios y alguno de sus híbridos son considerados como algo más tolerantes. Por lo general limas y limones son los más susceptibles a HLB. Otras plantas tal como la *M. paniculata* o Mirto, la cual es utilizada como ornamental o para la preparación de arreglos florales, también son portadoras de la bacteria, y pueden ser fuente de inóculo para HLB, debido a que también es hospedante del vector de la enfermedad al igual que otras Mirtaceas aunque de baja frecuencia en el país.

Síntomas. Daños

Las plantas, una vez infectadas, muestran síntomas sólo después de un período de latencia de entre 6 y 12 meses. La planta afectada inicialmente manifiesta amarillamiento de uno o más brotes que con el tiempo se extiende a toda la planta ocasionando la muerte de la

misma en algunos meses hasta años dependiendo de la edad en que la planta fue infectada con el patógeno. Los síntomas en hojas se describen como manchas irregulares y asimétricas, moteado difuso, hojas asimétricas, engrosamiento y aclaramiento de las nervaduras con aspecto corchoso después de un tiempo, causando defoliación. Los síntomas muchas veces se confunden con deficiencias nutricionales. En frutos se produce deformación y asimetría, reducción del tamaño, mayor espesor de la cáscara que lo normal, aumento de la acidez, inversión de color, reverdecimiento de la cáscara, aborto de semillas, y caída prematura de frutos (Fotos 92-98).

Manejo de la enfermedad

En las regiones donde se encuentra la enfermedad, su manejo se efectúa en forma preventiva y está basado en dos principios fitopatológicos perfectamente establecidos: control del insecto vector y erradicación de las fuentes de inóculo de *C. Liberibacter* sobre las cuales el insecto vector se infecta, tanto plantas cítricas como los hospederos alternativos.

Mientras la región está libre de la enfermedad es necesario implementar programas de prospección a fin de retrasar en lo posible el ingreso de la enfermedad. Como se observó en Florida y Cuba, una vez que los psílidos vectores se han establecido en la región, la enfermedad no está lejos. Tales regiones, libres de HLB, pero teniendo el vector, deben establecer procedimientos para detectar la enfermedad lo antes posible. Los ejemplos de Brasil, Florida y Cuba muestran que la enfermedad tuvo tiempo de establecerse antes de ser diagnosticada, pero para entonces la estrategia de erradicación era muy tarde. Por lo tanto conocer bien los síntomas de HLB en comparación con los síntomas causados por deficiencias minerales, así como análisis de tejido vegetal por la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR) para confirmar síntomas sospechosos es esencial para una temprana detección de HLB.

Programa Nacional de Prevención de Huanglongbing (HLB)

El Programa Nacional de Prevención de HLB en Argentina tiene como objetivo principal prevenir el ingreso de la enfermedad al territorio nacional mediante la prospección de la enfermedad. Todas las instituciones del Estado Nacional relacionadas a la protección vegetal, SENASA, INTA, INASE, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, y la participación de la Estación Experimental Obispo Colombres de Tucumán, así como las instituciones del sector privado relacionadas con la actividad citrícola (AFINOA y CECNEA) funcionan en forma conjunta y coordinada para asegurar el logro del objetivo propuesto. Los representantes de estas Instituciones constituyen la UCI (Unidad de Coordinación Interinstitucional) y se reúnen periódicamente para evaluar el estado de avance del Programa y determinar nuevas acciones a desarrollar. Los componentes operativos del programa son:

Fiscalización

Comprende fortalecimiento de los controles cuarentenarios, inspecciones en fronteras y puntos de ingreso y registro de viveros. Se trabaja conjuntamente con los gobiernos provinciales y municipios en campañas de eliminación de hospederos alternativos y control de arbolado urbano.

Este componente está a cargo del SENASA con 13 contratos e INASE con 6 contratos tanto para los controles en pasos de fronteras como para la inspección de viveros (lo cual no solo incluye lo citrícola) y también controles en rutas para el movimiento de material vegetativo de propagación y/o para nuevas plantaciones. Actualmente por las recientes detecciones de HLB en Paraguay se están realizando capacitaciones a fuerzas de seguridad encargadas de resguardar la frontera, tales como Gendarmería Nacional y Prefectura para fortalecer los controles en frontera de todo material vegetativo.

Vigilancia y monitoreo

Comprende la detección precoz de posibles focos de la enfermedad en todas las regiones cítricas del país y el seguimiento de ocurrencia del insecto vector *D. citri* en plantaciones cítricas y/o hospederos alternativos. Paralelamente, se ha creado una red de laboratorios de referencia para el diagnóstico de HLB. A partir de la detección de vectores supuestamente positivos en la región de Metán, Salta, el SENASA declaró la emergencia fitosanitaria a principios de diciembre de 2009, por lo tanto se realizó un fuerte operativo de monitoreo en todas las regiones cítricas de país y por consiguiente fue el componente del programa donde mas acciones se realizaron. En febrero de 2011 incluso, se reportaron algunos falsos positivos de esta zona pero que posteriormente fueron considerados nulos según la secuenciación de los ADN desde las muestras de vectores obtenidas de esa región.

Con el fin de actualizar y/o formar monitores específicos para HLB se realizaron cursos de capacitación en distintas regiones cítricas del país a cargo de profesionales de INTA y de SENASA. El principal aporte de INTA en este componente es, además del personal profesional capacitado, la instalación de equipamientos de última generación tal como *real time* PCR para el diagnóstico a nivel molecular de HLB en los laboratorios de INTA - EEA Concordia, Entre Ríos y de INTA - EECT Yuto, Jujuy. A través del programa propiamente dicho se ha adquirido el mismo equipamiento al laboratorio de INTA - EEA Bella Vista, Corrientes, y también el de EEA Montecarlo, Misiones pero este último con PCR convencional. También funcionan como laboratorios de referencia la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) de Tucumán, el laboratorio de SENASA y del INASE, ambos en Buenos Aires.

El Programa también ha aportado el contrato de 6 laboratoristas a fin de realizar el trabajo de recepción de muestras y análisis de las mismas a partir del mes de julio del 2010 y continúan actualmente. Los monitoreos de campo los realizan personal de SENASA; en el caso de observar síntomas sospechosos se toman muestras de estos árboles, geo posicio-

nados para su posterior localización y las mismas son enviadas a los laboratorios mas cercanos para el diagnóstico de HLB.

Monitoreo

Desde el 2010 hasta la actualidad se ha monitoreado el 100% de la superficie con citrus del país y al menos se recorrió 10 veces las zonas de riesgo. El monitoreo se realiza mediante selección de un punto en una cuadrícula de 100 hectáreas; de esa manera se inspeccionaron a la fecha 52.000 puntos en todo el país y con recolección de 13.160 muestras tanto de material vegetal (hojas con síntomas sospechosos; como del vector *Diaphorina*.

Todas las muestras han resultado negativas para la presencia de HLB tanto en los vectores como en el material vegetal analizado, siendo importante de destacar el muestreo intenso realizado en la zona aledaña a los falsos positivos detectados en diciembre de 2009 en la región cítrica de Salta con resultados todos negativos.

INTA ha colaborado con la introducción de controles positivos tanto de insectos positivos desde California, EEUU a través de contactos realizados por María Ines Plata de la EEA Concordia a fines del año 2009; desde San Pablo, Brasil obtenidos desde Fundecitrus en 2010; y por la extracción de nervaduras desde hojas de plantas sintomáticas de HLB de la región de Altonia, Estado de Paraná, Brasil en dos oportunidades 2010 y 2011. En todos los casos se contó con la autorización del SENASA para la introducción y los trámites personales que realizaron cada uno de los técnicos involucrados para la introducción a través de las fronteras.

Con los resultados del monitoreo se ha implementado un mapa sobre la distribución del vector en plantaciones cítricas del país según frecuencia de detección del vector.

Estos resultados se mantuvieron así hasta junio de 2012 donde se detectaron plantas positivas para HLB en el norte de la provincia de Misiones en el Depto. Gral. Manuel Belgrano (ver pág. 189)

Investigación y desarrollo

En este punto es donde se han realizado pocos avances principalmente por la no presencia de la enfermedad en el territorio. La mayoría de los trabajos fueron sobre estudios de dinámica poblacional del insecto vector donde está presente y los intentos de control del mismo principalmente en zonas urbanas donde su presencia es mas frecuente en árboles de mirto. Los avances durante este tiempo estuvieron relacionados a obtener presupuesto para acondicionar instalaciones y equipamientos en INTA - EEA Concordia, Entre Ríos sobre producción del controlador biológico del vector de HLB; monitoreo permanente de plantas cítricas en frontera con Brasil y Paraguay en la provincia de Misiones; y monitoreo y control del vector de HLB en la región del NOA, EEA Yuto, Jujuy y la EEAOC de Tucumán donde también se llevaron a cabo pruebas de productos para el control del vector de HLB.

Capacitación y difusión

Este es el área donde fueron destinada la mayoría de los esfuerzos a fin de concientizar a todos los componentes de la cadena citrícola sobre los riesgos de introducción de esta enfermedad al país y sus posibles consecuencias sobre los la industria citrícola y los 100.000 puestos de trabajo en forma directa que ocupa la producción citrícola del país; y tratar de generar una mayor concientización en todos los actores involucrados, dando a conocer las precauciones a tomar, las reglamentaciones vigentes y la necesidad de comunicar rápidamente sintomatología sospechosa de la plaga. En el aspecto de capacitación se puede dividir en la recibida y la brindada.

Capacitación recibida

En cuanto a capacitación recibida, agentes de INTA han tenido la posibilidad de capacitarse en los últimos años en diversas Instituciones que se encuentran investigando esta enfermedad a nivel mundial, con énfasis en Brasil, EEUU y Cuba para conocer sintomatología de la enfermedad en el campo, su epidemiología; la dinámica y control del insecto vector tanto por agroquímicos como por agentes

biológicos, y básicamente protocolos para el diagnóstico de la enfermedad tanto de tejido vegetal como desde el vector. Además se han organizado tours de visitas a plantaciones cítricas con HLB de la región de Brasil para técnicos y productores con el fin de conocer los síntomas de la enfermedad, a las regiones afectadas de Florida, EEUU y de Cuba.

Capacitación brindada

Se ha procedido a capacitar sobre diversos aspectos de HLB a productores; profesionales asesores de empresas o de productores; técnicos de empresas; personal rural; personal de galpones de empaque, monitores e inspectores de diversas Instituciones; Escuelas Agrotécnicas; fuerzas de seguridad en frontera (Prefectura- Gendarmería-Aduana); a personal de Pro Huerta y personal de los Ministerios de Agricultura y alumnos de nivel terciario. Se estima que en el término del desarrollo del Programa y considerando las distintas regiones citrícolas del país al menos unas 23.000 personas han participado directamente de estos diferentes tipos de capacitaciones que fueron básicamente organizadas por técnicos de INTA de cada regional con la colaboración y sincronización con técnicos regionales de las otras Instituciones participantes del Programa tales como SENASA e INASE en el NEA y con la presencia en el NOA de otras Instituciones como AFINOA y la EEAOC de Tucumán.

A modo de ejemplo INTA - EEA Bella Vista desde hace dos años trabaja con escuelas rurales y urbanas en el marco de la Semana Nacional de la Ciencia, organizada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación. Como parte del cronograma nacional mencionado se trabaja desde el 2010 bajo la denominación "Puertas Abiertas".

La problemática del HLB ha sido eje central de los años 2009 a 2011, compartiendo allí todo el material comunicacional disponible desde el Programa Nacional de Prevención de HLB. Esta modalidad se repite en todas las regiones citrícolas del país organizada por alguna de las Instituciones participantes del Programa Nacional.

Referentes institucionales de las diversas EEA's involucradas en la generación de tecnología en cítricos han desarrollado un papel preponderante en la organización y logística para implementar un programa de capacitación para viveristas y/o futuros viverista bajo el Programa de Prevención Nacional relacionado a la producción de plantas cítricas bajo cubierta que lo proteja de insectos vectores según las normativas vigentes.

El plan de capacitaciones abarcó puntos estratégicos del NOA y NEA, cubriendo así todas las regiones cítricas del país con el siguiente Programa: Que es el HLB; Legislación vinculada al HLB; Técnicas de Producción de plantas cítricas bajo cubierta; Inversiones y costos; finalizando los cursos con la visita a viveros cítricos de la respectiva región involucrada realizándose cursos en la Asociación de Citricultores de Misiones, Alem, Misiones; Asociación de Citricultores y Empacadores, Chajarí, Entre Ríos; EEAOC, Las Talitas, Tucumán; INTA – EEA Bella Vista, Corrientes; Municipalidad de Mocoretá, Corrientes; INTA – EEA Monte Caseros, Corrientes; Complejo Industrial Ledesma, Libertador San Martín, Jujuy.

Difusión

Se ha establecido un logo en forma consensuada por todos los miembros de la Unidad de Coordinación Interinstitucional (UCI) que caracteriza al Programa Nacional y se utiliza en todo el material que se produce tanto en forma escrita como audiovisual. En la tarea de difusión participan comunicadores de las distintas EEA's relacionadas al sector cítrico en forma coordinada con los comunicadores del SENASA y del Ministerio de Agricultura.

Para el proceso de difusión se utiliza tanto a la prensa escrita como audiovisual haciendo uso de los circuitos de cable de alcance local para cada una de las regiones involucradas. Se han confeccionando cortos de radios y para TV para distribuir en cada lugar del país donde los cítricos son producidos e incluso están en las paginas digitales de las Instituciones participantes. Para ello el programa ha producido un video y micros de radios que fueron entregados en sus originales para ser

multiplicados por cada regional y repartir a las radios y canales de cables para su difusión.

El Programa Nacional ha confeccionado 800 libretas técnicas para los monitores de campo que ya fueron distribuidas al momento de realizar el curso de capacitación; las remanentes se entregaron a asesores profesionales. Se ha confeccionado un stand portátil y dos banner que se maneja en forma itinerante por todo evento, feria y/o exposición que se realiza en cada una de las regiones cítricas del país en base a un cronograma previamente fijado por los integrantes de la UCI siendo el punto de partida el Congreso Argentino de Citricultura.

Se repartieron 2.500 afiches con 4 mensajes diferentes según el lugar donde se exhiben los mismos (ruta, mirto, frontera, y general) y se compraron 150 acrílicos para proteger algunos de estos afiches que se exponen en exteriores y distribuidos en lugares estratégicos de cada región cítrica.

Se han distribuido 2.000 folletos técnicos generales y 1.150 trípticos para alertar sobre el peligro de la enfermedad y colaborar en el reconocimiento de síntomas rápidamente para facilitar el reconocimiento de la presencia de la enfermedad que se están distribuyendo en diferentes eventos pero en forma mas específica dentro del sector cítrico y en la zona de frontera con países vecinos de Brasil, Paraguay, Bolivia, y Uruguay.

La producción de folletería sigue vigente y en cada evento relacionado a la citricultura se hace entrega de los mismos.

Fue asignado el dominio para la página web www.prevencionhlb.gov.ar la cual está en funcionamiento donde se brinda toda información pertinente a la enfermedad, sintomatología, prevención, reglamentaciones y normativas vigentes; y dos direcciones de correos electrónicos exclusivos para denuncia e informaciones; y un número de teléfono 0800-999-2386 para llamado libre por la denuncia e información sobre la enfermedad.

Relaciones interinstitucionales

Hay una buena interacción entre las Instituciones participantes del Programa Nacional de Prevención de HLB que conforman la UCI, pero es de destacar el esfuerzo que se está realizando para integrar a Instituciones de Bolivia y Paraguay a realizar tareas de Prospección de la enfermedad, máxime considerando de que han sido detectados focos positivos de HLB en diversas regiones de Paraguay. En el caso de Bolivia se ha realizado buenos avances y se han formalizado reuniones con autoridades sanitarias del Departamento de Tarija a fin de informar sobre el alcance del plan que se esta ejecutando con buena aceptación por parte de ellos aunque aún falta nacionalizar la información. Con Paraguay hay menor intercambio pero se ha ofrecido todo lo que se encuentra al alcance para el rápido diagnóstico de la enfermedad y el asesoramiento que ellos soliciten principalmente con técnicos del sector privado. Desde Brasil existe buena predisposición a colaborar en lo que este a su alcance por el momento recibiendo interesados en conocer síntomas de la enfermedad y formas de controlar el vector; como así también en proveer muestras de nervaduras de hojas con síntomas de HLB positivas para ser utilizadas como testigos positivos en nuestros laboratorios de referencia y en procesos de capacitación permanente sobre el manejo de la enfermedad, y producción de plantas bajo cubierta.

Detección del primer foco de HLB en Argentina

A partir de junio de 2012 en un monitoreo que se realizó en el Depto. General Manuel Belgrano, en el norte de Misiones se detectó en condiciones de laboratorio una muestra positiva sobre 4 enviadas. Esta región se encuentra en el norte de la provincia de Misiones en el límite con el Estado de Paraná, Brasil y distante a unos 250 km del foco de HLB en dicho Estado. Esta detección se realizó en una planta de mandarina en un traspatio de una chacra sobre la ruta 101 que une Bernardo de Irigoyen (Extremo Este del País) con Puerto Iguazú ambas ciudades limí-

trofes con Brasil aunque con diversos Estados (Foto 99) (Fig. 6.7). A 15 km a la redonda no existen plantaciones comerciales de importancia.

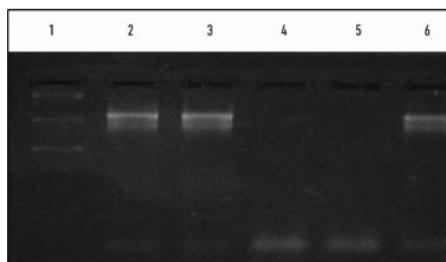


Figura 6.7. Gel de agarosa obtenido por PCR convencional mostrando el resultado de la primera muestra de hojas de mandarina positiva con sus correspondientes repeticiones (Banda 2 y 3) en comparación con el testigo positivo de HLB de Brasil (Banda 6).

A partir de ese momento se comenzaron a realizar monitoreos mensuales desde el foco en diámetros equidistantes y cubriendo a todos los cítricos presentes en el área incluso aquellos en casas de la población de Comandante Andresito cabecera de ese departamento. Estos monitoreos se realizaron con personal capacitado de SENASA, pero también de otras Instituciones oficiales como INTA y Ministerio de la Producción de Corrientes, y del sector privado: Técnicos de Cooperativa Tabacalera de Misiones, Cámara de Exportadores de Cítricos del NEA y AFINOVA en varios de los monitoreos realizados (Tabla 6.10). Posteriores monitoreos se realizaron en julio de 2012 rastreando todas las plantas cítricas y de mirto a 1,5 km de distancia desde el foco; en esta oportunidad se detectaron otros dos positivos sobre 12 muestras que se extrajeron de la zona. Posteriormente se detectaron 6 muestras positivas en agosto, 3 en septiembre y 5 en octubre.

En los cinco primeros monitoreos las especies que resultaron positivas correspondieron a plantas de edad avanzada de una variedad de mandarina de uso no muy corriente en la región, lo que sugiere una hipótesis de que la enfermedad fue introducida con este material y está presente en el área desde hace tiempo. Paralelamente, el número de muestras de

D. citri es bajo y los análisis realizados siempre resultaron negativos para HLB. La baja presencia del vector es una característica de la provincia y frecuente de encontrar básicamente en mirtos (*M. paniculata*) en zonas urbanas y por lo tanto indicando la baja diseminación en la zona. En los últimos monitoreos se han manifestado positivos en otras especies como lima Rangpur (*C. limonia*), de amplia difusión en la región por su uso culinario. No obstante es de hacer notar que lima Rangpur no es un portainjerto clásico para mandarina en Misiones y también puede significar que estas plantas fueron introducidas desde otras regiones productoras. Otra de las situaciones que alienta la hipótesis de introducción del problema es que las plantas positivas han sido detectadas a lo largo de la ruta indicada anteriormente y en aquella con conexión con el puente internacional que une con Capanema, Paraná, Brasil. Todas estas plantas fueron erradicadas voluntariamente por los propietarios a solicitud de SENASA cuyos agentes a su vez colocaron herbicidas sobre los tocones del árbol a fin de evitar los rebrotes del mismo.

A partir de estas detecciones se ha declarado a esta región como zona de contingen-

cia fitosanitaria y por lo tanto está vedada la salida de fruta de este Departamento sin el correspondiente tratamiento de sumergido de la fruta en baño con insecticida que elimine al vector que probablemente pueda portar la misma. Para el resto de la provincia de Misiones también esta prohibido la salida de fruta sin el adecuado tratamiento con insecticida ante presencia de inspectores de SENASA o el correspondiente procesado en galpones de empaque. A tal fin, en la zona de General Belgrano se ha montado un empaque de campaña que permite realizar esta operación y de esa manera facilitar la comercialización de frutas a los pequeños propietarios de esta área.

Tabla 6.10. Frecuencia de monitoreos y distancia a partir del foco detectado en junio de 2012 de las plantas cítricas del Depto. Gral. Manuel Belgrano, Misiones que resultaron positivos sobre el número total de muestras según variedades analizadas y edad de las mismas.

Monitoreos	Distancia (Km)	Positivos/Total	Positivos (%)	Muestras Vector	Variedad	Edad Árbol
1º (Junio/12)	Focus	¼	25	0	Mandarina	+ 10
2º (Julio/12)	1,5 km	2/12	18,8	1	Mandarina	+ 10
3º (Agosto/12)	6 Km	6/80	9,4	2	Mandarina	+ 10
4º (Sept./12)	10 km	3/40	8,8	0	Mandarina + lima Rang.	+ 10
5º (Oct./12)	Gral.	5/80	7,9	0	Mandarina + lima Rang.	+ 10
6º (Dic./12)	Gral.	0/22	0	0		
Total		15/238	6,30	0/3		

Vector de HLB: chicharrita de los cítricos o psílido asiático

Los psílidos o chicharritas constituyen un pequeño grupo de hemípteros esternorrincos, de hábito fitófago y con un alto grado de especificidad de hospedantes. En comparación con los pulgones, los psílidos son de relativamente escasa importancia económica. Sin embargo, hay algunas especies que son consideradas como plagas primarias, existiendo casos registrados en cultivos de cítricos, de peras y de manzanas, donde generalmente su ciclo de vida está sincronizado con el de su hospedante (Burckhardt, 1994). Su importancia es que son vectores de una temible enfermedad en los cítricos como el HLB.

Origen y distribución

Diaphorina citri fue descrita para los cítricos en Schinchiku, Taiwán en 1907. El origen geográfico natural es el sur de Asia, probablemente India. A nivel mundial está distribuida en el continente asiático en los países de Arabia Saudita, Yemen, Pakistán, India, Nepal, Bután, Bangladesh, Myanmar, Cambodia, Laos, Tailandia, Vietnam, Filipinas, Indonesia, Malasia, Papúa Nueva Guinea, China y Japón. Además, en el continente americano en EE.UU, México, Cuba, Puerto Rico, región del Caribe, Guatemala, Honduras, Belice, El Salvador, Costa Rica, Venezuela, Colombia, Brasil, Paraguay, Uruguay, Bolivia y Argentina.

En Argentina se registró por primera vez en la década del 80 y actualmente está presente en las provincias de Misiones, Corrientes, Entre Ríos, Santa Fe, Salta y Jujuy (Halbert and Manjunath, 2004; Vaccaro, 1994; INTA - EEA Bella Vista, 2008).

Nombre de la plaga

Orden Hemiptera, Familia Psyllidae; especie *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908.

Descripción

El ciclo vital de *D. citri* está constituido por el estado de huevo, cinco estadios ninfales y el estado adulto (Aubert, 1987; Liu & Tsai, 2000; Hall *et al.*, 2008). La hembra adulta de la chicharrita de los cítricos es de aproximadamente unos 3-4 mm de largo, siendo los machos por lo general un poco más pequeños, de 2-3 mm de largo. El cuerpo es de color castaño claro con manchas de color castaño oscuro, las alas son transparentes y sólo las anteriores tienen manchas marrones en la periferia (Tsai & Liu, 2000).

Los huevos son alargados con el área basal ancha y aguzada hacia la parte distal. El tamaño medio de los mismos es de 0,31 mm de longitud y cuando están recién depositados tienen color amarillo claro, que se torna naranja brillante cuando están próximos a eclosionar. Las ninfas son aplanadas dorsoventralmente y con patas cortas. Presentan una coloración que usualmente va del amarillo al naranja, aunque en algunos individuos el abdomen es de un color verde azulado. En todos los estadios los ojos son de color rojo (Burckhardt, 1994; Tsai & Liu, 2000; Yamamoto *et al.*, 2001; Halbert & Manjunath, 2004; Childers & Rogers, 2005; Hall, 2008).

Biología

D. citri es una especie polivoltina, llegando a tener alrededor de 10 generaciones por año en condiciones de campo. El ciclo de vida dura entre 15 y 59 días dependiendo de las condiciones ambientales (Mead, 1977; Aubert, 1987; Chen, 1998) (Fotos 100-102).

En el campo, los adultos son frecuentemente encontrados descansando en la porción terminal de las ramas, especialmente debajo de las hojas. Cuando se alimentan introducen las piezas bucales en el tejido vegetal y elevan el abdomen formando un ángulo de 45°, siendo ésta una característica típica de la especie. Son insectos activos, saltan y vuelan cortas distancias cuando son molestados. En lugares con clima templado no presentan

diapausa y pasan como adultos el invierno alimentándose de las hojas maduras de las plantas hospederas cuando no hay disponible nuevas hojas (Vaccaro, 1994; Halbert & Manjunath, 2004; Michaud, 2004).

La longevidad promedio de los adultos es de 60 días, siendo las hembras más longevas que los machos y el ciclo de desarrollo puede iniciarse en cualquier momento del año, basta con que las hembras dispongan de plantas hospederas en estado de brotación. Las hembras grávidas ponen huevos en tejidos terminales de 2 cm de largo, incluyendo los pliegues de las hojas, pecíolos, yemas auxiliares, arriba y debajo de la superficie de las hojas jóvenes y tallos tiernos de las plantas hospederas, así quedan protegidos de las inclemencias ambientales. En ausencia de sitios adecuados, la oviposición se detiene. Durante el período de oviposición, que dura entre 30 y 80 días, una hembra ovipone repetidamente llegando a un total acumulado de entre 200 y 800 huevos, aunque el máximo absoluto registrado es de 1.378 huevos (Tsai & Liu, 2000; Nava *et al.*, 2007; Sétamou *et al.*, 2008).

El período de incubación de los huevos a 25°C es de 2-4 días. Luego de la emergencia, las ninfas se mantienen en los brotes y son difíciles de ver por su forma aplanada y por tender a rodear al brote del que se alimentan. La duración de los estadios ninfales a 25°C es de 13-14 días. Las ninfas del primero y el del segundo estadio se mantienen agregadas y se alimentan dentro de los pliegues de las hojas, ramas terminales y entre las yemas y los tallos tiernos. Tienen poca movilidad y sólo se mueven ante un disturbio o hacinamiento. Las ninfas continuamente excretan una copiosa cantidad de secreción azucarada junto con una sustancia cerosa de las glándulas perianales, que en condiciones de baja humedad son más evidentes. Existe, en algunas ocasiones, una relación mutualista con ciertas hormigas, que se alimentan de estas excreciones azucaradas y en contraparte cuidan las colonias de ninfas de los enemigos naturales (Tsai & Liu, 2000; Michaud & Olsen, 2004; Childers & Rogers, 2005; Hall, 2008).

Los patrones de la emergencia de los machos y hembras son notablemente similares,

sin evidencia de protandria o protoginia. La proporción de sexos por lo general es 1:1, sin embargo, puede registrarse una mayor proporción de machos o hembras según la época del año. Ambos sexos alcanzan la madurez reproductiva a los 2-3 días después de la eclosión (Vaccaro, 1994; Halbert & Manjunath, 2004; Mead, 2007; Wenninger & Hall, 2007; Hall, 2008).

Los adultos de *D. citri* son encontrados todo el año sobre árboles de cítricos o de otras plantas hospederas. Las fluctuaciones poblacionales están íntimamente relacionadas con el ritmo, cantidad y calidad nutricional de brotaciones porque los huevos son colocados exclusivamente en los brotes. El efecto se manifiesta en forma de picos poblacionales coincidentes con los períodos de crecimiento vegetativo y brotación habitual de los cítricos, durante primavera y verano. Los picos poblacionales pueden ocurrir en otros períodos del año, dependiendo de las condiciones ambientales y de la disponibilidad de brotes jóvenes (Mead, 1977; Tsai *et al.*, 2002; Yamamoto, 2006; Hall, 2008; Hall *et al.*, 2008).

Dentro de las condiciones climáticas, la temperatura es el factor más importante en la biología de *D. citri*, jugando un rol decisivo en las tasas de desarrollo, supervivencia, reproducción y longevidad. Las temperaturas altas y bajas son perjudiciales en las poblaciones: temperaturas menores a 10°C y mayores a 33°C no permiten que completen el desarrollo (Tsai *et al.*, 2002; Nakata, 2006; Nava *et al.*, 2007; Hall, 2008).

La dispersión de *D. citri* dentro de un monte frutal suele ser bastante baja, no suelen moverse largas distancia si no es por alguna perturbación y generalmente la dirección del movimiento es siguiendo la dirección del viento (Chen, 1998; Kobori *et al.*, 2008).

Daños

Tanto las ninfas como los adultos de *D. citri* se alimentan de la savia de las plantas hospederas, para lo cual utilizan su aparato bucal picador-suctor (estilete) que penetra en los tejidos vegetales hasta los vasos floemáticos.

Mientras se alimentan, inyectan fitotoxinas que producen considerables distorsiones en las hojas y brotes, provocando un enrollamiento y mellado en las mismas (Yamamoto *et al.*, 2001; Halbert & Manjunath, 2004; Michaud, 2004; Michaud & Olsen, 2004; Hall *et al.*, 2007). Por otro lado, las ninfas producen grandes cantidades de excreciones azucaradas, que al depositarse en las hojas promueven el crecimiento de hongos negros (fumagina) que pueden limitar la capacidad fotosintética de la planta, con la consecuente reducción de la productividad (Mead, 1977; Yamamoto *et al.*, 2001; Halbert & Manjunath, 2004).

Estos tipos de daño no suelen ser frecuentes y por lo general *D. citri* se presenta localmente en bajas densidades, siendo considerada como una plaga secundaria en los cítricos (Vaccaro, 1994; Halbert & Manjunath, 2004; Nava *et al.*, 2007). No obstante, en los países donde se registra la enfermedad de Huanglongbing (HLB) o “enfermedad del brote amarillo” la especie cobra gran importancia debido a que es el vector más eficiente de la bacteria que la provoca, por lo que es considerada como la plaga más destructiva y consecuentemente la más importante de todas las plagas de los cítricos (Mead, 1977; Vaccaro, 1994; Chen, 1998; Liu & Tsai, 2000; Tsai & Liu, 2000; Yamamoto *et al.*, 2001; Tsai *et al.*, 2002; Ahmed *et al.*, 2004; Halbert & Manjunath, 2004; Michaud & Olsen, 2004; González *et al.*, 2005; Rogers, 2006; Hall *et al.*, 2007; Wenninger & Hall, 2007; Hall *et al.*, 2008; Sétamou *et al.*, 2008).

Tanto los adultos como los estadios ninfales, cuarto y quinto de *D. citri* pueden transmitir el patógeno después de un período de latencia corto (de 1 a 25 días). Una vez adquirida la bacteria, se multiplica en la hemolinfa y glándulas salivales del vector (González *et al.*, 2005). La transmisión es a través de las secreciones salivales cuando el psílido se alimenta. Las ninfas son capaces de retener el patógeno cuando pasan al estado adulto y es posible que lo transmitan apenas emergidos (Halbert & Manjunath, 2004).

D. citri tiene un restringido rango de hospederos sobre los cuales se alimenta y repro-

duce, que incluyen especies cítricas y otras de la familia Rutaceae (Tsai & Liu, 2000; Hall, 2008; Sétamou *et al.*, 2008). Si bien se conocen 58 especies de plantas hospederas, diferentes autores coinciden que *D. citri* presenta preferencias positivas hacia el mirto (*Murraya paniculata* (L.) Jack), mandarina (*Citrus reticulata* Blanco), naranja agria (*C. aurantium* L.) y naranja dulce (*C. sinensis* (L.) Osbeck). No obstante, se la puede encontrar comúnmente en otras especies como: limón (*C. limon* (L.) Burm.), cidra (*C. medica* L.), mandarina King (*Citrus nobilis* Loureiro), mandarina común (*Citrus deliciosa* Tenore), pomelo (*C. paradisi* Macfadyen) y lima (*C. aurantifolia* Swingle) (Aubert, 1987; Vaccaro, 1994; Fabiani *et al.*, 1996; Sétamou *et al.*, 2008).

Monitoreo

Existen varias metodologías para monitorear la chicharrita de los cítricos, aunque no se dispone de trampas específicas para estos insectos. Para monitorear los adultos, en época de brotación de las platas cítricas pueden realizarse observaciones directamente sobre los brotes, ya que los adultos no sólo van a alimentarse de los tejidos jóvenes, sino que las hembras también van a oviponer. Otro método que es utilizado, en cualquier época del año, es poner una bandeja de color blanco del tamaño de una hoja oficio bajo una rama y golpearla con una varilla plástica, de esta forma los ejemplares caerán sobre la bandeja y podrán ser contados. Para ambos métodos, se recomienda realizar la observación en un mínimo del 5% de los árboles del lote, tomando árboles al azar y haciendo zig-zag entre las líneas (Hall *et al.*, 2007; Stansly *et al.*, 2010).

Para el monitoreo de adultos también pueden utilizarse trampas cromotrópicas de color amarillo, las cuales consisten en una tarjeta plástica con adhesivo en ambas caras (Felippe *et al.*, 2006; Ferreira Filho, 2005; Guajará *et al.*, 2004; Halbert & Manjunath, 2004; Hall *et al.*, 2007; Hall, 2009; Yamamoto *et al.*, 2008). Para un efectivo monitoreo en un lote se recomienda aproximadamente una trampa cada 100 plantas, ubicándose sobre la

periferia de la misma a una altura entre 1,5 y 1,7 m del suelo (Felippe *et al.*, 2006).

La frecuencia de lectura de las trampas debe ser quincenal, al cabo del cual se retiran y se sustituyen por nuevas. Las trampas retiradas se rotulan y embalan con film plástico transparente para no dañar los insectos capturados y facilitar su identificación y registro posteriormente. El monitoreo de los estadios inmaduros de *D. citri*, debe realizarse solamente en época de brotación, que es el estado fenológico de la planta en que esta plaga se reproduce. La identificación de cualquier estadio de la chicharrita de los cítricos puede realizarse en todos los casos con una lupa de mano (10x), o llevar los ejemplares capturados a un laboratorio y hacerse con lupa binocular.

Manejo de la plaga

Criterio de intervención

Por ser vector de una enfermedad, el nivel de daño económico de *D. citri* es 1, es decir, ante la sola presencia de un ejemplar, debe realizarse algún tipo de medida de control. Actualmente, no se disponen de productos químicos autorizados para controlar esta plaga en nuestro país, debido a que la enfermedad no se ha registrado aún.

Control biológico

Se considera que los enemigos naturales juegan un papel importante en la limitación de las fluctuaciones poblacionales de las plagas en el campo (Tsai *et al.*, 2002). Existe una gran diversidad de enemigos naturales que afectan a todos los estadios de desarrollo de la población de *D. citri*. Los depredadores generalistas se alimentan fundamentalmente de los huevos y los estadios ninfales N1 y N2, los parasitoides atacan los estadios ninfales N3, N4 y N5, y los hongos entomopatógenos afectan negativamente tanto a ninfas como a los adultos (Halbert & Manjunath, 2004; González *et al.*, 2005).

Dentro de los depredadores generalistas registrados en América se reporta un gran número de artrópodos que se alimentan de ninfas de *D. citri* desarrollándose exitosamente.

Entre ellos están incluidos varias especies de crisopas (*Ceraeobrysa* sp. y *Chrysoperla rufilabris*, *Chrysopodes lineafrons*, *Leucochrysa gemina*), arañas (*Hibana velox*) y sírfidos (*Allograpta* spp., *Pseudodorus clavatus*, *Toxomerus dispar*). También varias especies de “vaquitas de San Antonio”, como las especies del género *Scymnus*, *Curinus coerulens*, *Eriopis connexa*, *Exochomus childreni*, *Hippodamia convergens*, *Harmonia axyridis*, *Olla v-nigrum*, *Cycloneda sanguinea* y *Coelophora inaequalis* (Halbert & Manjunath, 2004; Michaud, 2004; Gravena, 2006; INTA - EEA Bella Vista, 2008).

Los hongos entomopatógenos pueden ser un factor de mortalidad muy importante de *D. citri*. La mortalidad de las ninfas puede alcanzar entre 60-70% en lugares donde la humedad relativa diaria excede el 87,9%. Entre las especies registradas en América se pueden mencionar a *Beauveria bassiana*, *Hirsutella citriformis*, *Cladosporium* sp. nr. *Oxysporum* y *Capnodium citri*, pero en ninguno de los casos se menciona que se realizó control de *D. citri* mediante pulverizaciones con estos hongos entomopatógenos (Aubert, 1987; Halbert & Manjunath, 2004; Gravena, 2006; INTA, 2008).

Entre los parasitoides registrados para *D. citri*, en 1999 fueron importados a Florida dos especies, *Tamarixia radiata* que es un ectoparásito proveniente de Taiwán y Vietnam y *Diaphorencyrtus aligarbensis*, endoparásito proveniente de Taiwán. Ambos parasitoides fueron liberados en Florida, pero aparentemente sólo *T. radiata* se estableció (Mead, 1977; McFarland & Hoy, 2001; Halbert & Manjunath, 2004).

T. radiata tiene la ventaja de producir dos generaciones por cada generación de *D. citri*, ya que se desarrolla en 9 días a 25°C, y en 8,5 días a 30°C. Vive entre 12 y 24 días y prefieren oviponer en los estadios ninfales tardíos (N3, N4 y N5), pero presenta una preferencia por el estadio N5 de su hospedero. Una hembra de *T. radiata* puede colocar hasta 300 huevos a una razón de un huevo por ninfa de *D. citri*, el cual es depositado entre el tórax y el abdomen de la ninfa. La larva se alimenta de ella hasta matarla. Además del parasitismo, las hembras de *T. radiata* matan a otras ninfas

perforando sus tejidos para alimentarse de la hemolinfa. Combinando estos comportamientos, alimentación y ovoposición, una hembra puede destruir 500 ninfas en toda su vida (McFarland & Hoy, 2001; Michaud, 2004; González *et al.*, 2005; Gómez Torres *et al.*, 2006; Qureshi *et al.*, 2009).

En Brasil se programó la introducción de *T. radiata* desde Florida pero se observó la ocurrencia natural del parasitoide en octubre de 2004. También en la Argentina este parasitoide fue registrado sin haber mediado una introducción intencional y programada (Vacaro & Bouvet, 2005).

Hasta el presente, el efecto del parasitoide sobre las poblaciones de las chicharritas de los cítricos es muy controversial y variable. En algunos países se registra un bajísimo porcentaje de parasitismo, en cambio algunos investigadores consideran que en presencia de *T. radiata*, *D. citri* es incapaz de incrementar sus poblaciones, con porcentajes de parasitismos de hasta el 80% (Halbert & Manjunath, 2004; Gómez Torres *et al.*, 2006; Pluke *et al.*, 2008).

Si bien la aplicación de técnicas de control biológico no erradica totalmente la plaga que pretende controlar, bajo la situación que actualmente se vive en nuestro país, hay que considerar esta técnica como la mejor medida para bajar los niveles poblacionales de *D. citri*, de manera que si ingresa a las plantaciones de cítricos, no pueda diseminarse por esta vía.

Situación en Argentina

El primer registro de la chicharrita de los cítricos en Argentina, se realizó por una investigadora del INTA - EEA Concordia, Entre Ríos hace más de dos décadas (Vacaro, 1994). Actualmente, se la encuentra en los departamentos de Federación, Concordia y Colón, donde están concentradas las plantaciones de cítricos y desde la Sección de Entomología de la EEA Concordia se realizan estudios para conocer algunos aspectos de la biología y el comportamiento de esta plaga en la provincia.

En base a los monitoreos que se han realizado, *D. citri* es una plaga que se encuentra frecuentemente en las plantaciones de cítricos

en la región, preferentemente en las de naranja de verano. La dispersión dentro de los lotes es baja, como producto de la protección de las cortinas rompeviento. Debido a que la reproducción está asociada a la brotación de su hospedero, sus picos poblacionales ocurren en esos períodos, hasta en brotaciones atípicas como la que ocurrió en junio del año 2006. Pero, al igual que sucede con otras plagas, la reproducción en la brotación de primavera es baja porque las temperaturas no son las óptimas.

Según los datos de temperatura registrados en la estación agrometeorológica de la EEA Concordia y bibliografía consultada, las condiciones climáticas en la región suelen estar dentro de los rangos óptimos para el desarrollo de *D. citri*. Se calculó que la supervivencia es alta, con valores mínimos de 35% y máximos de 72%. Además, se sugiere que la longevidad superaría los 4 meses y que las hembras podrían llegar a oviponer hasta 730 huevos. Por otro lado, pueden completar su ciclo en aproximadamente 23 días, dependiendo de las temperaturas, siendo el mínimo de 14 días (generalmente en enero). Según la cantidad de grados-día acumulados y la disponibilidad de brotes, *D. citri* podría llegar a cumplir un mínimo de 12 generaciones anuales.

Respecto a los enemigos naturales, se han registrado pocas especies, siendo la avispa parasitoide, *T. radiata*, la más abundante aunque en muy baja densidad relativa y de forma agregada. Debido a que la abundancia de *D. citri* es generalmente baja, no se realiza control químico para este insecto, pero las pulverizaciones para otras plagas como minador de la hoja de los cítricos y pulgones afectan significativamente a sus niveles poblacionales. Relevamientos de la presencia de *D. citri* en las diferentes regiones cítricas del país realizado por SENASA, muestran un grado de distribución no uniforme según cada región cítrica e inversamente a lo determinado por modelización agroclimática realizada en la provincia de Misiones, acá es donde menos detecciones se han realizado siendo éstas principalmente en zonas urbanas y en hospedero alternativo como el mirto.

Bibliografía

- AHMED, S.; AHMAD, N. and R.R. KHAN. 2004. Studies on Population dynamics and chemical control of *citrus psylla*, *Diaphorina citri*. International Journal of Agriculture and Biology. 6(6): 970-973.
- AUBERT, B. 1987. Le greening, une maladie infectieuse des agrumes, d'origine bactérienne, transmise par des Homoptères psyllidés. Stretégie de lutte développée à l'Île de la Réunion Circonstances épidémiologiques en Afrique/Asie et modalités d'internetion. IRFA/CIRAD-B.P. 180-97455. Saint Pierre Cedex. 185 pp.
- BURCKHARDT, D. 1994. Psyllid pest of temperate and subtropical crop and ornamental plants (Hemiptera, Psylloidea): A review. Entomol. (Trends in Agril. Sci). 2: 173-186.
- CHEN, CH. 1998. Ecology of insect vectors of citrus systemic diseases and their control in Taiwan. Managing banana and citrus diseases. Proceedings of Disease Management of Banana of Citrus Through the Use of Disease-free Planting Materials. Davao City, Philippines. pp. 62-66.
- CHILDERS, C.C. and M.E. ROGERS. 2005. Chemical control and management approaches of the asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) in Florida citrus. Proc. Fla. State Hort. Soc. 118: 49-53.
- FABIANI, A.; MIKA, R.; LAROCCA, L. y C. ANDERSON. 1996. Los Cítricos. *En*: Manual para productores de Naranja y Mandarina de la región del Río Uruguay. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 238 p.
- FELIPPE, M.R.; UEHARA-CARMO, A.; RUGNO, G.R.; COELHO, J.H.; XIMENES, N.L.; GARBIN, L.F. e P.T. YAMAMOTO. 2006. Influência de las armadilhas adesivas amarelas na flutuação populacional de insetos vetores da CVC e HLB (Hemiptera: Cicadellidae e Psyllidae) na bordure e área central de pomar cítrico. Huanglongbing Greening Workshop International. Riberão Preto, SP, Brazil. p.100.
- FERREIRA FILHO, P.J. 2005. Estudo de populações do psílideo-de-concha, *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae) e de seu parasitoide, *Psyllaephagus bliteus* (Hymenoptera: Encyrtidae) em floresta de *Eucalyptus camaldulensis* por dois métodos de amostragem. Dissertação para obtenção do título de Mestre em Agronomia Proteção de Plantas. Botucatu, Brasil. 52 pp.
- GONZÁLEZ, C.; HERNÁNDEZ, D.; CABRERA, R.I. y J.R. TAPIA. 2005. *Diaphorina citri* Kuw., inventario y comportamiento de los enemigos naturales en la citricultura cubana. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. FAO Cuba. 11 pp. <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5279/FAODiaphorina.pdf>
- GRAVENA, S. 2006. Huanglongbing - o controle biológico do vetor no Estado de São Paulo, Brasil. Huanglongbing Greening Workshop International. Riberão Preto, SP, Brazil. p. 54.
- GUAJARÁ, M.; DE CARVALO, A.G.; SANTOS, W. e K. GONÇALVES. 2004. Resposta de *Euphalerus clitoriae* (Hemiptera: Psyllidae) a armadilhas adesivas de diferentes cores. Revista Árvore. 28 (1): 117-120.
- HALBERT S. E. and K.L. MANJUNATH. 2004. Asian citrus psyllid (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. Florida Entomologist. 87 (3): 330-352.
- HALL, D.G. 2008. Biology, History and World status of *Diaphorina citri*. I taller Internacional sobre Huanglongbing de los cítricos (*Candidatus Liberobacter* spp.) y el psílido de los cítricos (*Diaphorina citri*). Hermosillo, Sonora, México. 11 pág.
- HALL, D.G. 2009. An assessment of yellow sticky card traps as indicators of the abundance of adult *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in citrus. Journal of Economic Entomology. 102 (1): 446-452.
- HALL, D.G. and L.G. ALBRIGO, 2007. Estimating the relative abundance of flush shoots in citrus with implications on monitoring insects associated with flush. HortSciencie. 42(2): 364-368.

- HALL, D.G.; HENZT, M.G. and R.C. ADAIR. 2008. Population ecology and phenology of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in two Florida citrus groves. *Environmental Entomology*. 37(4): 914-924.
- HALL, D.G.; HENZT, M.G. and M.A. CIOMPERLIK. 2007. A comparison of traps and stem tap sampling for monitoring adult asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae) in citrus. *Florida Entomology*. 90(2): 327-334.
- INTA - EEA BELLA VISTA. 2008. Primera reunión de entomólogos dedicados al estudio del insecto vector de HLB. Publicación Técnica N° 29. INTA - EEA Bella Vista, Corrientes 17 y 18 de septiembre de 2008. <http://www.inta.gov.ar/bellavista/info/documentos/citricos/ST29.pdf>
- KOBORI, Y.; NAKATA, T.; OHTO, Y. and F. TAKASU. 2008. Ecological studies on initial invasion of *Diaphorina citri* into the newly planting citrus fields. International Research Conference on Huanglongbing. Orlando, Florida. Proceedings of de Meeting. p. 220.
- LIU, Y.H. and J.H. TSAI. 2000. Effects of temperature on biology and life table parameters of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). *Ann. Appl. Biol.* 137: 201-206.
- McFARLAND, C.D. and M.A. HOY. 2001. Survival of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae), and its two parasitoids, *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae), under different relative humidities and temperatures regimes. *Florida Entomology*. 84(2): 227-233.
- MEAD, F.W. 1977. The asiatic citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). *Entomology Circular* N°180. Fla. Dept. Agric. & Consumer Serv., Division of Plant Industry. pp 4.
- MEAD, F.W. 2007. Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Insecta: Homoptera: Psyllidae). University of Florida. IFAS Extension. EENY-033. <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/IN/IN16000.pdf>
- MICHAUD, J.P. 2004. Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. *Biological Control*. 29: 260-269.
- MICHAUD, J.P. and L.E. OLSEN. 2004. Suitability of citrus psyllid, *Diaphorina citri*, as prey for ladybeetles. *BioControl*. 49: 417-431.
- NAKATA, T. 2006. Temperature-dependent development of the citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psylloidea), and the predicted limit of its spread based on overwintering in the nymphal stage in temperate regions of Japan. *Applied Entomology and Zoology*. 41(3): 383-387.
- NAVA, D.E.; TORRES, M.L.G.; RODRIGUEZ, M.D.L.; BENTO, J.M.S. and J.R.P. PARRA. 2007. Biology of *Diaphorina citri* (Hem., Psyllidae) on different host and different temperatures. *J. Appl. Entomol.* 131(9-10): 709-715.
- PLUKE, R.W.H.; QURESHI, J.A. and P.A. STANSLY. 2008. Citrus flushing patterns, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and parasitism by *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Puerto Rico. *Florida Entomologist*. 91 (1): 36-42.
- QURESHI, J.A.; ROGERS, M.E.; HALL, D.G. and P.A. STANSLY. 2009. Incidence of invasive *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and its introduced *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Florida citrus. *J. Econ. Entomol.* 102(1): 247-256.
- ROGERS, M.E. 2006. Programas de manejo integrado para control do psilídeo asiático do citros na Florida. Huanglongbing Greening Workshop International. Riberão Preto, SP, Brazil. p. 58.
- SÉTAMOU, M.; SANCHEZ, A.; PATT, J. and E. LOUZADA. 2008. Diurnal patterns in flight activity and effect of light on host finding behavior of the Asian citrus psyllid. International Research Conference on Huanglongbing. Orlando, Florida. Proceedings p. 225.

- STANSLY, P.; AREVALO, A. and J. QURESHI. 2010. Monitoring methods for Asian citrus psyllid Citrus Industry. April.
- TORRES GOMEZ, M.L.; NAVA, D.E. e J.P.R PARRA. 2006. Técnica de criação de *Tamarixia radiata* e porcentagem de parasitismo em pomares de citros no Estado de São Paulo, Brasil. Huanglongbing Greening Workshop International. Riberão Preto, SP, Brasil. p. 103.
- TSAI, J.H.; WANG, J.J. and Y.H. LIU. 2002. Seasonal abundance of the asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in Southern Florida. Florida Entomologist. 85(3): 446-451.
- TSAI, J.H. and Y.H. LIU. 2000. Biology of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on four host plants. Journal of Economic Entomology. 93(6): 1721-1725.
- VACCARO, N.C. 1994. Comportamiento y difusión de la “Chicharrita de los Citrus”, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Diaphoridae) en la zona cítrica de Entre Ríos. Carpeta citrícola: Guía de Enfermedades y Plagas y su control. ISSN 0826-3282. N° 27. 3 pp.
- VACCARO, N.C. y J.P. BOUVET. 2005. Registro de un Enemigo Natural de la Chicharrita de los Cítricos en Entre Ríos. v Congreso Argentino de Citricultura. Concordia, Entre Ríos, Argentina. n°325.
- WENNINGER, E.J. and D.G. HALL. 2007. Daily timing of mating and age at reproductive maturity in *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). Florida Entomologist. 90 (4): 715-722.
- YAMAMOTO, P.T. 2006. Controle químico de *Diaphorina citri* no Brasil. Huanglongbing Greening Workshop International. Riberão Preto, SP, Brazil. p. 56.
- YAMAMOTO, P.T.; FELIPPE, M.R.; RUNGO, G.R.; BELOTI, V.H.; COELHO, J.H.C.; XIMENES, N.L.; GARBIM, L.F. e A. CARMO-UEHARA. 2008. Population Dynamics of *Diaphorina citri* in Citrus Orchard in São Paulo State, Brazil. International Research Conference on Huanglongbing. Orlando, Florida. Proceedings of de Meeting. p. 222.
- YAMAMOTO, P.T.; PAIVA, P.E.B. e S. GRAVENA. 2001. Flutuação Populacional de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em Pomares de Citros na Região Norte do Estado de São Paulo. Neotropical Entomology. 30(1): 165-170.

Riesgo agroclimático de las áreas cítrícolas de Argentina en relación a la abundancia del vector de HLB: *Diaphorina citri* Kuwayama

Numerosos organismos causan pérdidas económicas en las plantaciones de cítricos en todo el mundo, pero en los últimos años se ha centrado la atención en el psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), que constituye una de las plagas más devastadoras para la citricultura mundial, no sólo por los daños provocados por su alimentación, sino por ser un eficiente vector de la bacteria *Candidatus Liberibacter*, causante de la enfermedad llamada Huanglongbing (HLB), ex «Greening», considerada como una de las más destructivas y letales de los cítricos (Alemán *et al.*, 2007). La enfermedad, originaria de Asia, fue reportada en el 2004 en San Pablo, Brasil y posteriormente en el año 2005, en Florida, Estados Unidos, siendo considerada plaga cuarentenaria de la Argentina hasta la actualidad.

D. citri ha estado presente en Brasil por más de 60 años y se ha difundido a otros países de América del Sur y Central, el Caribe y los estados de Florida y Texas en Estados Unidos (Gottwald *et al.*, 2007). En Argentina el insecto fue citado por primera vez en 1984 (Vaccaro, 1994), para el noreste argentino, en la provincia de Entre Ríos. En base a monitoreos actuales del insecto, en Argentina se observa presencia de *D. citri* en la provincia de Corrientes, noreste de Entre Ríos, centro y sur de Misiones, noreste de Santa Fé, este de Chaco y centro de Formosa. En el noroeste argentino (NOA) se ha constatado la presencia del vector en el sureste de Jujuy y noreste de Salta (Augier *et al.*, 2006; Cáceres *et al.*, 2005; INTA - EEA Bella Vista, 2008). Sin embargo, hasta el momento no se ha detectado en Argentina la presencia de *Triozia erythrae*, conocido como psílido africano de los cítricos, el otro vector de importancia de HLB (Sinavimo, 2009).

Los adultos de *D. citri* viven entre uno y dos meses en dependencia de la temperatura y la planta hospedante en la que se alimenten (Liu & Tsai, 2000). La longevidad promedio

para la hembra es de 39,6 a 47,5 días a una temperatura de 25°C, pudiendo sobrevivir por varios meses esperando hasta que llegue el periodo de brotación de las plantas hospedantes. El desarrollo desde huevo hasta adulto requiere de 16 a 17 días a una temperatura de 25°C. Los adultos se pueden encontrar en condiciones naturales durante todo el año, depositando huevos dondequiera que haya brotes disponibles, desarrollándose sobre plantas hospedadoras de la familia Rutaceae, con preferencia por los cítricos y la planta ornamental *Murraya paniculata* (mirto) (Cáceres *et al.*, 2005; Alemán *et al.*, 2007). El periodo de oviposición es de 17 a 60 días (Fernández & Miranda, 2005).

D. citri no tiene diapausa y sus poblaciones declinan en los periodos en que las plantas no están en brotación. No obstante ello, tanto las altas como las bajas temperaturas son perjudiciales para el incremento de su densidad poblacional. En China se determinó que la población de *D. citri* fluctúa en relación con la temperatura y la humedad relativa ambiente, considerando a su vez que la temperatura es el factor ambiental más importante al limitar su potencial distribución geográfica (Sohail *et al.*, 2004). Anteriormente se había visto que las áreas de distribución potencial del vector se ajustan a los lugares en los que las bajas temperaturas se encuentran dentro de la tolerancia de los adultos invernantes (Xu, 1985). Inviernos con bajas temperaturas e intensas fluctuaciones de temperatura ocasionarían una elevada mortalidad de las poblaciones invernantes (Xie *et al.*, 1989; Huang *et al.*, 1992). En tal sentido, se propone que una temperatura mínima mensual promedio de 6,4°C, puede ser utilizada como el factor limitante a la distribución geográfica del psílido, en lugar de la temperatura media diaria superior a 10°C (Zhu, 1993).

Por otro lado se vio que las altas temperaturas y elevada humedad relativa ambiente, tienen un enorme impacto negativo sobre las poblaciones de *D. citri*, en contraste con los efectos negativos que las altas temperaturas y la baja humedad relativa tienen sobre *Triozia erythrae* en los países de África (Yang, 1989). En tal sentido, se determinó la existencia de

una correlación negativa entre la abundancia poblacional de *D. citri* y la humedad relativa (Sohail *et al.*, 2004). Valores de precipitación mensual superior a 150 mm disminuyen drásticamente la densidad de ninfas y huevos, debido a un efecto de volteo por lavado, dado que *D. citri* ovipone en brotes superiores de la planta, quedando las ninfas completamente expuestas al impacto de la lluvia (Aubert, 2009).

Estudios en laboratorio del desarrollo, supervivencia, longevidad, reproducción y parámetros de la tabla de vida del insecto entre los 10 y 33°C, revelan interesantes resultados. Las poblaciones colocadas a temperaturas de 10°C y 33°C no se desarrollaron. Entre 15 y 30°C, el período promedio de desarrollo desde huevo hasta adulto varió de 49,3 días a 15°C hasta 14,1 días a 28°C. Los umbrales de temperatura inferior fueron estimados para los estadios ninfales 1° al 5° en 11,7°C, 10,7°C, 10,1°C, 10,5°C y 10,9°C, respectivamente (Liu & Tsai, 2000).

En el sur del estado de Florida, EEUU, se observó que las fluctuaciones poblacionales de *D. citri* estuvieron estrechamente relacionadas con la disponibilidad de brotes en mirto, debido a que la oviposición y desarrollo de ninfas tiene lugar exclusivamente en brotes. A su vez se encontró una correlación positiva con la temperatura mínima y lluvia semanales moderadas. La ocurrencia de temperaturas mínimas semanales menores a 15°C y la ausencia de lluvias acumuladas significativas provocaron el descenso de los niveles poblacionales de *D. citri* (Tsai *et al.*, 2002). Además otros estudios revelaron que el período de pre-oviposición y la mortalidad de hembras de *D. citri* decrecieron al incrementarse la duración del fotoperíodo (Yang, 1989).

En Taiwán, se estudió el desarrollo, sobrevivencia, longevidad, fecundidad y densidad poblacional de *D. citri* a 16, 20, 24, 28 y 32°C sobre mirto, mandarina (*Citrus reticulata* Blanco) y kumquat (*Fortunella margarita* Lour.). El período promedio de desarrollo de huevo a adulto varió entre 56,6; 59,9 y 56,7 días a 16°C, 15,5 y 15°C respectivamente, mientras que a 28°C el período duró 14,6

días. Las respectivas temperaturas base inferior para huevo, ninfas y adulto fueron 11,25, 12,75 y 13°C. La suma térmica acumulada (GD) para que *D. citri* complete un ciclo de desarrollo fue de 250 GD, en los tres hospedantes considerados. Asimismo, los adultos criados a 16°C y 32°C, sufrieron limitaciones en sus tasas de supervivencia y reproducción. Este estudio concluyó que el rango óptimo para el crecimiento poblacional de *D. citri* fue de entre los 24 y los 28°C, siendo el mirto la planta hospedante donde el insecto logró las mayores tasas de incremento poblacional (Fung y Chen, 2006).

Más recientemente, en Brasil se estudió el efecto de tres hospedantes vegetales: lima Rangpur (*C. limonia* Osb.), mirto (*Murraya paniculata* L. Jack) y mandarina Sunki (*C. sunki* (Suenkat, Sunkat), y siete temperaturas diferentes sobre la biología de *D. citri*. En este estudio, los autores determinaron una temperatura base de desarrollo para los estados de huevo y ninfa de 12°C y 13,9°C, respectivamente; mientras que la suma térmica requerida para completar cada uno de los referidos estados fue de 52,6 y 156,9 GD. Como valor promedio de temperatura base y suma térmica para el ciclo biológico completo *D. citri*, desde el estado huevo hasta la eclosión de adultos, consideraron los valores de 13,5°C y 210,9 GD, respectivamente (Nava *et al.*, 2007).

Trabajos previos realizados para eucalipto y pecán, permitieron establecer mediante una metodología similar a la empleada en este trabajo, áreas de aptitud agroclimática en la Región Pampeana y del Noreste Argentino, para la implantación de las especies de referencia (Moschini *et al.*, 2000; Conti *et al.*, 2004; Conti *et al.*, 2008). Se evaluó el riesgo climático de las regiones sojeras argentinas respecto a la roya asiática, considerando los elementos que limitan la sobrevivencia invernal del patógeno y los favorables a la producción de eventos infectivos en el cultivo, analizando la frecuencia de ocurrencia de ambas fases (Moschini, 2007). Una metodología similar a la planteada en estos trabajos se intenta desarrollar para el insecto vector del HLB. Por lo tanto se trató de delimitar

áreas de riesgo agroclimático para la presencia y abundancia de *D. citri*, para las principales zonas cítricas argentinas, tales como centro-norte de la Región Pampeana, NEA y NOA. Esto se realizó en base a los valores de índices de riesgo (IRA) que consideraron la influencia relativa de diversos factores climáticos sobre el insecto vector, con respecto al sitio patrón, Campinas (Brasil).

Factores agroclimáticos

Los factores agroclimáticos considerados en este estudio fueron procesados a partir de información diaria de temperatura máxima (TX), temperatura mínima (TN) y humedad relativa (HR), de 44 estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), para la serie 1971-2008 distribuidas a lo largo de la zona a considerar.

Para el diseño del modelo se consideraron los siguientes cinco factores agroclimáticos:

- I. *NGen*: Número de generaciones potenciales en base a los grados día (GD) necesarios para el desarrollo de una cohorte, desde el estado de huevo a adulto. La temperatura base considerada para el cálculo fue de 13,5°C y un valor promedio de suma térmica de 211 GD (Nava *et al.*, 2007). Para el cálculo de los grado día se consideró la fórmula $GD = GD + (Td - 13,5^\circ C)$, siendo Td la temperatura media diaria calculada como: $Td = (TX + TN) / 2$.
- II. *DT*: Número de días con registro de $TN > 15^\circ C$ y $TX < 32^\circ C$ (Liu & Tsai, 2000; Fung & Chen, 2006).
- III. *DTHR*: Número de días con registro de $TN > 18^\circ C$ y $TX < 30^\circ C$ (Nava *et al.*, 2007) y humedad relativa en el rango 43 a 85% (Yang, 1989).
- IV. *DSAc*: Déficit de saturación acumulado. Se acumulan diariamente los valores de déficit de saturación mediante la siguiente fórmula: $DS = pvs \cdot (100 - HR / 100)$, donde pvs es la presión de vapor saturado a la temperatura media (Td) y HR es la humedad relativa media (promedio tridiurno). $pvs = 6,11 \cdot \exp [(17,27 \cdot Td) / (237,3 + Td)]$. (Aubert, 2009).

V. *PrM*: Precipitación mensual. Se calculó el número de años con precipitación mensual > 1 mm y < 150 mm, para los meses de septiembre (n09), octubre (n10), noviembre (n11), abril (n04) y mayo (n05), para la serie histórica 1971-2008 (n=37). Seguidamente, se obtuvo el valor medio de las proporciones mensuales: $PrM = (n09/37 + n10/37 + n11/37 + n04/37 + n05/37) / 5$ (Aubert, 1987).

Los valores de los cinco factores agroclimáticos se calcularon anualmente en el período primavera-estivo-otoño, tomando como fecha de inicio el momento en que se acumularon 100 GD (Td base citrus: 12,5°C) desde el 1 de julio y como fecha de finalización el día 31 de mayo, lapso en el cual se deberían concentrar las brotaciones de especies cítricas y del hospedante alternativo (mirto). Para la serie 1971-2008 se analizaron en total 37 ciclos de crecimiento.

Sitio patrón

A fin de establecer comparaciones de riesgo agroclimático entre distintas regiones cítricas argentinas, se eligió un sitio patrón donde las condiciones de desarrollo para las poblaciones de *D. citri* y el desarrollo epidemiológico del HLB se consideran óptimas. En base a antecedentes bibliográficos y consulta a especialistas, el sitio elegido fue Campinas, estado de San Pablo, Brasil (Lat. 23,5°; Long. 47,133° o; elevación 66 msnm) (Fig. 6.8). Para la serie histórica 1973-2008 se calculó el valor mediana (Mnac) de de cuatro factores agroclimáticos (NGEN, DT, DTHR y DSAC), a partir de la base de datos climáticos disponibles en el sitio web del NOAA Satellite and Information Service (www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/climatedata).

Valores mensuales de precipitación de Campinas de la serie histórica 1988-2009, 21 ciclos primavera-estivo-otoñales, fueron obtenidos del sitio web Agritempo de Brasil (www.agritempo.gov.br). Para esta serie de precipitaciones de Campinas, el valor máximo de PrM (PrMc=0,8) y por lo tanto de mayor riesgo respecto al vector, se obtuvo prome-

diando las proporciones mensuales de 5 meses: septiembre, octubre, noviembre, abril y mayo. Siendo utilizados por esta razón en la construcción del factor v: PRM.

Índice de Riesgo Agroclimático (IRA)

Para cada una de las estaciones meteorológicas y factor agroclimático (NGEN, DT, DTHR, DSAC Y PRM), se calculó el valor proporcional medio (p) respecto a la mediana del factor en Campinas (pNGEN, pDT; pDTHR; pDSAC; pPRM). Siendo $p = (\sum 1^{37} \text{valor por ciclo del factor} / \text{mnac}) / 37$.

Si el valor de cada uno de los 37 ciclos considerados para uno de los factores es mayor a la mediana en Campinas (mnac), se consideró dicha proporción por ciclo igual a 1. Para calcular pDSAC se trabajó de la siguiente forma: $pDSAC = (\sum 1^{37} \text{mnac} / \text{valor por ciclo de DSAC}) / 37$. Si el valor por ciclo (37 ciclos) del factor es menor a la mediana en Campinas (mnac), entonces la proporción por ciclo es igual a 1.

El índice de riesgo agroclimático (IRA 1 e IRA 2), cuyos valores oscilan entre 0: sin riesgo a 1: máximo riesgo, se calcularon de la siguiente forma:

$$IRA1 = (pNGEN + pDT + pDTHR + pDSAC) / 4$$

$$IRA2 = (pNGEN + pDT + pDTHR + pDSAC + pPRM) / 5$$

La representación espacial de los valores de IRA se realizó mediante la confección de una grilla con un variograma lineal, procedimiento "Krigado", sobre la totalidad de las regiones, utilizando el programa Surfer 8. El procesamiento de los factores agroclimáticos y la obtención de los valores de IRA de cada estación meteorológica, se realizó mediante el lenguaje del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System, 1988).

Los valores mediana (mnac) de los cuatro factores agroclimáticos analizados en Campinas, Brasil fueron: I) NGEN= 13,7; II) DT=177 días; III) DTHR= 28 días; IV) DSAC= 2418,63 hpa. Los valores proporcionales medios (p) de cada factor (pNGEN, pDT; pDTHR; pDSAC y pPRM) y los de ambos índices de riesgo agroclimático (IRA1 y IRA2), por estación meteorológica argentina, se presentan en la Tabla 6.11.

En las Figuras 6.8 a 6.10 se muestran las interpolaciones generadas por el procedimiento de krigado para cada valor proporcional medio (p) respecto a la mediana del factor en Campinas (pNGEN, pDT; pDTHR; pDSAC), de 44 estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), para la serie 1971-2008.

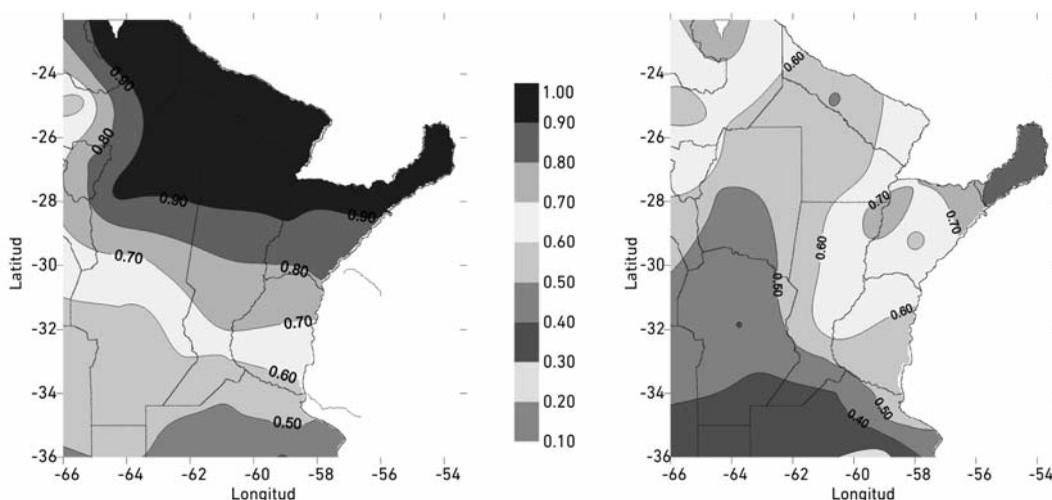


Figura 6.8. Valor proporcional medio de los factores NGEN (izquierda) y DT (derecha) respecto a la mediana de dichos factores en Campinas (Brasil). NGEN: número de generaciones potenciales (211 GD/generación); tb: 13,5°C; DT: días con registro de Tn>15°C y Tx<32°C.

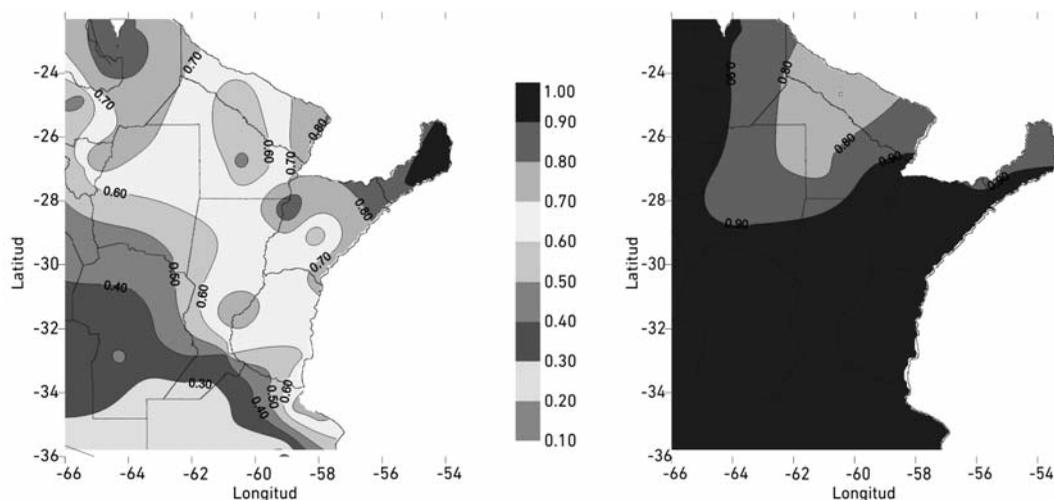


Figura 6.9. Valor proporcional medio de los factores DTHR (izquierda) y DSAC (derecha) respecto a la mediana de dichos factores en Campinas (Brasil). **DTHR**: días con $T_{m} > 18^{\circ}\text{C}$ y $T_{x} < 30^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa en el rango 43-85%; **DSAC**: se acumulan diariamente los valores de déficit de saturación: $DS = pvs * (100 - HR/100)$, donde $pvs = 6,11 * \exp[(17,27 * Td) / (237,3 + Td)]$.

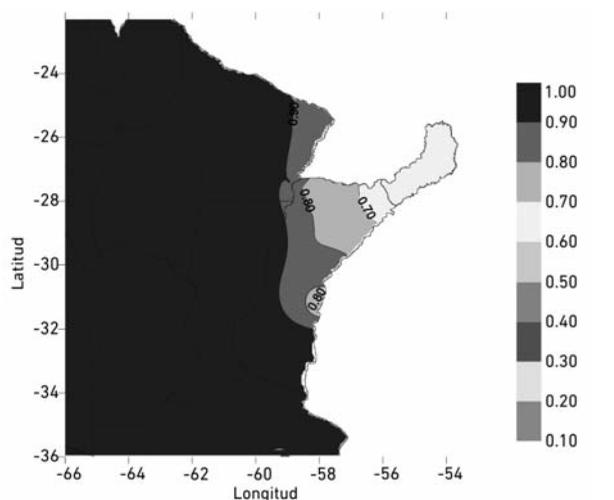


Figura 6.10. Valor proporcional medio del factor PRM, número de años con precipitación mensual > 1 mm y < 150 mm, respecto al valor de mayor riesgo observado ($PRM = 0,8$) en Campinas, Brasil. El factor fue calculado para los meses de septiembre (n09), octubre (n10), noviembre (n11), abril (n04) y mayo (n05), para la serie histórica 1971-2008 ($n = 37$). $PRM = (n09/37 + n10/37 + n11/37 + n04/37 + n05/37) / 5$.

Tabla 6.11. Valores proporcionales medios (p) de cada una de las estaciones meteorológica argentinas con respecto a la mediana de cada factor en Campinas (pNGen, pDT; pDTHR; pDSAc y pPrM) y de ambos índices de riesgo agroclimático (IRA1 = (pNGen+ pDT+pDTHR+pDSAc)/4; IRA2 = (pNGen+ pDT+pDTHR+ pDSAc+pPrM)/5), por estación meteorológica.

Sitio	pNGen	pDT	pDTHR	pDSAc	pPrM	IRA1	IRA2
Orán	0.9949	0.7337	0.9414	0.9072	1	0.8943	0.9154
B. Vista	0.9198	0.7903	0.9775	0.9569	0.8649	0.9111	0.9019
Tartagal	0.9776	0.7123	0.8964	0.9031	1	0.8724	0.8979
Tucumán	0.8247	0.6793	0.8243	0.9764	1	0.8262	0.8609
Formosa	0.9978	0.6919	0.9009	0.884	0.7905	0.8686	0.853
C.Benítez	0.9612	0.681	0.7883	0.9547	0.8784	0.8463	0.8527
Cerro Azul	0.9328	0.8672	0.982	0.9173	0.5473	0.9248	0.8493
Santa Fé	0.7393	0.6549	0.8559	0.9926	1	0.8107	0.8485
Las Breñas	0.9739	0.5535	0.9009	0.7736	1	0.8005	0.8404
Jujuy	0.7539	0.6432	0.8378	0.9618	1	0.7992	0.8393
M.Caseros	0.8195	0.6775	0.9099	0.9745	0.7973	0.8453	0.8357
Resistencia	0.9495	0.6491	0.7342	0.9499	0.8581	0.8207	0.8282
Corrientes	0.9347	0.6835	0.7477	0.9471	0.8108	0.8283	0.8248
Paso Libres	0.8319	0.6619	0.9144	0.9655	0.75	0.8434	0.8248
Reconquista	0.8327	0.6932	0.6847	0.9856	0.8986	0.799	0.819
Posadas	0.9916	0.7355	0.9234	0.8781	0.5608	0.8822	0.8179
C.Uruguay	0.641	0.5613	0.9099	0.9915	0.9797	0.7759	0.8167
Sgo. Estero	0.9168	0.4764	0.8649	0.8096	1	0.7669	0.8135
Castelar	0.5439	0.5442	0.964	0.9986	1	0.7627	0.8101
Rosario	0.6054	0.5328	0.9009	0.9992	1	0.7596	0.8076
Las Lomitas	1	0.492	0.8288	0.6971	1	0.7545	0.8036
Oliveros	0.6347	0.5662	0.8198	0.9971	1	0.7544	0.8036
Gualeduaychú	0.6391	0.5082	0.8739	0.9903	0.9797	0.7529	0.7982
Ceres	0.7618	0.5343	0.6937	0.9823	1	0.743	0.7944
La Plata	0.4807	0.517	0.964	1	1	0.7404	0.7923
Concordia	0.729	0.5973	0.8739	0.9638	0.7905	0.791	0.7909
Famaillá	0.7587	0.6769	0.473	0.9978	1	0.7266	0.7813
R.Saenz Peña	0.9682	0.515	0.545	0.8549	1	0.7208	0.7767
Mercedes	0.8156	0.5608	0.7477	0.954	0.777	0.7696	0.7711
Río Cuarto	0.5428	0.4674	0.8153	0.9759	1	0.7004	0.7603
Córdoba	0.5984	0.473	0.7387	0.9829	1	0.6983	0.7586
Salta	0.5624	0.5466	0.6261	1	1	0.6838	0.747
V. María	0.6746	0.4422	0.6261	0.9876	1	0.6826	0.7461
M.Juárez	0.6136	0.4721	0.6036	0.9956	1	0.6712	0.737
San Pedro	0.5633	0.5036	0.6036	0.9998	1	0.6676	0.7341
Zavalla	0.5642	0.4718	0.473	1	1	0.6272	0.7018
Manfredi	0.5439	0.3929	0.5541	0.9949	1	0.6214	0.6972
Pergamino	0.5302	0.4049	0.5495	0.9997	1	0.6211	0.6969
Nueve Julio	0.5005	0.3373	0.5991	1	1	0.6092	0.6874
Gral Pico	0.5192	0.3101	0.6171	0.9874	1	0.6085	0.6868
Junín	0.4891	0.3733	0.4685	0.9996	1	0.5826	0.6661
Pehuajó	0.4526	0.3193	0.5495	1	1	0.5804	0.6643
Laboulaye	0.5227	0.3365	0.4369	0.991	1	0.5718	0.6574
Las Flores	0.3906	0.2477	0.3604	1	1	0.4997	0.5997

De acuerdo a la Fig. 6.8 para el período primavera-estivo-otoño, el número de generaciones potenciales (NGen) que puede producir el insecto es muy similar e incluso superior a Campinas en todo el norte argentino. En las áreas citrícolas del NEA, este factor alcanza valores máximos en Misiones y Bella Vista decreciendo gradualmente hacia Monte Caseros, Concordia y San Pedro. La frecuencia de días con temperaturas entre 15°C y 32°C (DT) presenta valores similares a los registrados en Campinas. En Misiones, disminuyendo gradualmente hacia el NE y NO de Corrientes y el sector norte de Salta (Orán y Tartagal). En las mismas zonas la frecuencia de días con temperaturas entre 18 y 30° y humedad relativa entre 43 y 85% (DTHR) resulta muy similar a la registrada en Campinas (valor proporcional del factor superior a 0,80) (Fig. 6.9). La ocurrencia de muy altos registros térmicos y déficit de saturación pronunciado en el oeste de Chaco-Formosa y NE santiaguense, genera limitaciones para el desarrollo poblacional del insecto. Esta condición ambiental no favorable se expresa en los bajos valores de los factores DTHR y DSAC en dicha zona, en comparación con los registros históricos de Campinas.

Como puede observarse en la Fig. 6.12, los menores riesgos para el desarrollo poblacional de *D. citri* se presentan en el extremo noreste del país (NE de Entre Ríos, NE de Co-

rrientes y Misiones), debido a la mayor ocurrencia de lluvias torrenciales, que en este caso serían expresadas como probabilidad de ocurrencia de lluvias mensuales >150 mm, en los meses de septiembre, octubre, noviembre, abril y mayo. Por este factor se diferencia de Campinas, donde se presenta un régimen de precipitación monzónico, con lluvias marcadamente concentradas en diciembre, enero y febrero, de manera similar a buena parte de las regiones citrícolas del NOA.

En la Fig. 6.11 se presenta la distribución espacial de los valores del índice agroclimático I (IRAI), el cual tiene en cuenta la influencia de 4 factores, PNGEN, PDT, PDTHR y PDSAC. Por su similitud con las condiciones climáticas de Campinas que favorecen desarrollo poblacional del insecto vector del HLB, se destacan el sector misionero de Cerro Azul (IRAI: 0,90) y Posadas, Bella Vista (IRAI: 0,89) en Corrientes y Orán (IRAI: 0,88) en Salta, como zonas de máximo riesgo agroclimático. Siguen en importancia, aún con valores de IRAI superiores a 0,80 el extremo este de Formosa y Chaco, el E-SE de Jujuy, el área de salteña de Tartagal (Salta) y Tucumán y el extremo SE de Corrientes (Monte Caseros: IRAI: 0,81). Las zonas citrícolas pampeanas gradualmente disminuyen el riesgo agroclimático en comparación con Campinas (Brasil). Concordia observa un IRAI de 0,74 disminuyendo a 0,63 en San Pedro (Pcia de Buenos Aires).

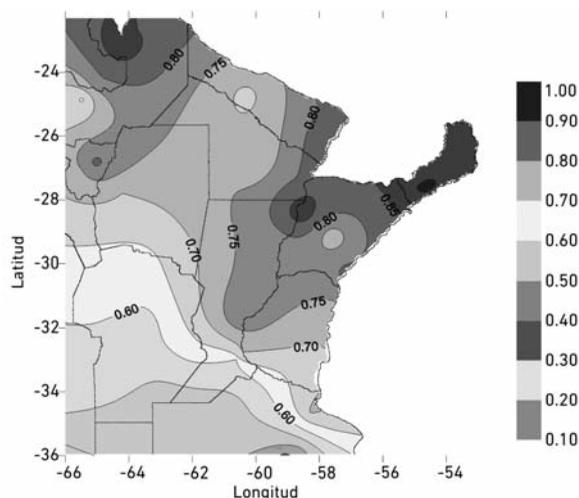


Figura 6.11. Índice de Riesgo agroclimático I (IRAI) respecto a la presencia y abundancia de poblaciones de *Diaphorina citri* en el centro norte argentino. $IRAI = (PNGEN + PDT + PDTHR + PDSAC)/4$.

Cuando se integra el factor agroclimático asociado a la ocurrencia de lluvias mensuales superiores a 150 mm en el índice de riesgo 2 (IRA2), es remarcable la declinación del riesgo climático en el sector misionero (Fig. 6.10). La ocurrencia de lluvias intensas en los 5 meses analizados de la primavera y otoño, en sitios como Cerro Azul y Posadas, son responsables de esta declinación. Por el contrario, este factor aumenta el riesgo en el sector salteño de Orán (IRA2: 0,92) y Tartagal (IRA2: 0,9). Pocas variaciones del IRA2 respecto al IRA1 se observan en las áreas cítricas de Bella Vista y Concordia (Tabla 6.11).

En Australia modelizaron conjuntamente el desarrollo del vector y de la brotación de naranja Valencia, para estudiar el efecto de incrementos térmicos por cambio climático. La ocurrencia de mayores temperaturas durante la estación de crecimiento acortó el tiempo del vector para completar un ciclo de vida, llevando a observar mayor número de generaciones. Sin embargo, el incremento térmico redujo el tiempo necesario para el endurecimiento de los tejidos tiernos. El número de generaciones observado en Florida varía entre 9-10, en el Punjab entre 9 y 16 y

en Taiwán entre 8-9 (Aurambout *et al.*, 2009). El valor mediana del número de generaciones en Campinas fue de 13,7, estando las principales áreas cítricas de Argentina en valores superiores al 70% del estimado en el sitio brasileño.

Hay múltiples componentes involucrados en las interacciones responsables del éxito o fracaso del desarrollo de *D. citri*: abióticos (temperatura, humedad relativa, precipitación), hospedante (fenotipo, genotipo, fisiología, fotoquímica) e interacciones con el vector (depredadores, parasitoides) (Aurambout *et al.*, 2009). Otros factores importantes que ejercen influencia sobre la densidad poblacional de *D. citri* y enmascaran el efecto ambiental, se relacionan con el manejo de la poda y edad de las plantaciones. La poda promueve la brotación, afectando la fenología y abundancia del vector, mientras que los árboles jóvenes tienden a brotar continuamente a lo largo de un más amplio rango de temperaturas, por ello el efecto térmico sobre el vector cambia de acuerdo a la edad de la plantación (Hall *et al.*, 2008).

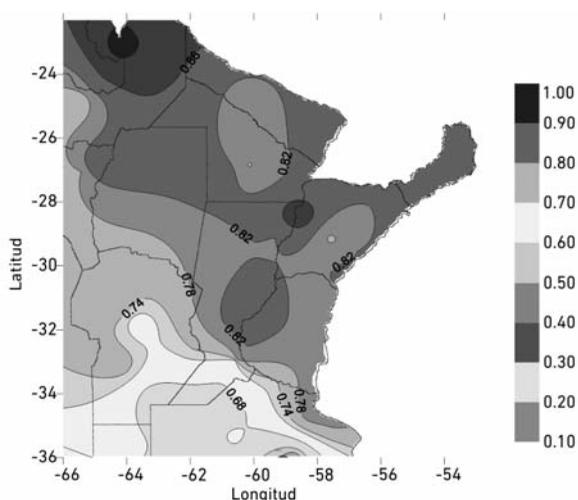


Figura 6.12. Índice de Riesgo agroclimático (IRA2) respecto a la presencia y abundancia de poblaciones de *Diaphorina citri* en el centro norte argentino. $IRA2 = (pNGen + pDT + pDTHR + pDSAC + pPRM) / 5$

Mediante un método sencillo, que solo considera el efecto acumulativo de 5 factores ambientales, se delimitaron las áreas con mayor riesgo agroclimático respecto a la presencia y abundancia de *D. citri* en Argentina. Se remarca la bondad de la gradualidad con que se incrementa o decrece el índice de riesgo agroclimático en las regiones analizadas. La disponibilidad de series históricas homogéneas de información meteorológica diaria (37 ciclos primavera-estivo-otoño) y de programas de computación para su procesamiento, conjuntamente con los utilitarios que permiten la confección de mapas integrando técnicas de interpolación (Kriging), han facilitado el desarrollo de este estudio. Entre las limitaciones de la metodología utilizada se puede mencionar la falta de inclusión de efectos interactivos entre los factores agroclimáticos analizados. El nivel de detalle de este estudio alcanza una escala climática, por ello deben analizarse con cautela los resultados del mismo cuando se debe resolver la aptitud de un lote particular. Ciertos aspectos relacionados a la microclimatología pueden jugar un rol importante, mejorando o disminuyendo el riesgo de un sitio específico. La

densidad y distribución de las estaciones meteorológicas no es la óptima, sobre todo en NOA donde la interpolación matemática no considera el efecto altitud.

Si bien las áreas cítricas de Argentina, exceptuando San Pedro, registran en promedio altos valores de índice agroclimático (IRA mayores a 0,74), en comparación con un sitio patrón del elevado riesgo agroclimático, con abundante presencia del vector (*D. citri*) y de la enfermedad (HLB), en este trabajo se ha podido discriminar claramente sectores con diferente riesgo para la evolución poblacional de *D. citri*. Los resultados mostrados en este trabajo pueden resultar de utilidad como una herramienta de apoyo estratégico en la organización de los trabajos de monitoreo del insecto vector del HLB o en la priorización de la asignación de recursos por parte del SENASA y el INTA, en las tareas de prevención tendientes a evitar el ingreso y posterior establecimiento del Huanglongbing a la Argentina, al delimitarse zonas de elevado riesgo epidemiológico asociado a regiones cítricas de potencial abundancia del vector.

Bibliografía

- ALEMÁN, J.; HEYKER, B. y J. RAVELO. 2007. *Diaphorina citri* y la enfermedad Huanglongbing: una combinación destructiva para la producción cítrica. Rev. Protección Veg. Vol. 22 (3): 154-165.
- AUBERT, B. 2009. A new threat to Mediterranean citrus. Huanglongbing (HLB) in 16 questions and answers. FRUITROP N° 168 s/p.
- AUGIER, L.; GASTAMINZA, G.; LIZONDO, M.; ARGANARAZ, M. y E. WILLINK. 2006. Presencia de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en el Noroeste Argentino (NOA). Rev. Soc. Entomol. Argent. 65 (3-4): 67-68.
- AURAMBOUT, J.P.; FINLAY, K.J.; LUCK, J. and G.A.C. BEATTIE. 2009. A concept model to estimate the potential distribution of the Asiatic citrus psyllid (*Diaphorina citri* Kuwayama) in Australia under climate change- A means for assessing biosecurity risk. Ecological Modelling 220: 2512-2524.
- CÁCERES, S.; AGUIRRE, M.R.A. y V.S. MIÑO. 2005. *Murraya paniculata* (Rutaceae), un huésped del psílido asiático de los citrus *Diaphorina citri* en Corrientes. Rev. Soc. Entomol. Argent. 64 (4): 350-351.
- CONTI, H.; MOSCHINI, R.; ABBATE, C.; CAZENAVE, G. y E. FRUSSO. 2004. Área de aptitud agroclimática del Pecán en la Región Pampeana, X Reunión Argentina y IV Latinoamericana de Agrometeorología. Mar del Plata, Argentina. 13 al 15 de octubre de 2004. s/p.
- CONTI, H.; MOSCHINI, R. y G. CAZENAVE. 2008. Zonificación Agroclimática del Pecán en la Región Pampeana y Noreste Argentino, XII Reunión Argentina de Agrometeorología, Jujuy.
- FERNÁNDEZ, M. y I. MIRANDA. 2005. Comportamiento de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Parte III: Relación entre el ciclo de vida y el brote vegetativo foliar. Rev. Protección Veg. 20(3): 161-164.
- FUNG, Y.C. and C.N. CHEN. 2006. Effects of Temperature and Host Plant on Population Parameters of the Citrus Psyllid (*Diaphorina citri* Kuwayama). Formosan Entomol. 26: 109-123 (2006).
- GOTTWALD, T.R.; DA GRACA, J.V. and R.B. BASSANEZI. 2007. Citrus Huanglongbing: the pathogen and its impact. Plant Health Progress. Doi: 10.1094/PHP-2007-0906-01-RV.
- HALL, D.G.; HENTZ, M.G. and R.C. ADAIR. 2008. Population ecology and phenology of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in two Florida citrus groves. Environ. Entomol. 37(4): 914-924.
- HUANG, L.; XIAO, Q.; DONG, J.; LI, Y. and X. MAO. 1992. Occurrence of citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama, and its control in Hunan. China Citrus 21(4):36-37.
- INTA - EEA BELLA VISTA. 2008. Primera reunión de entomólogos dedicados al estudio del HLB y su insecto vector. 17 y 18 de septiembre de 2008. Publicación INTA - EEA Bella Vista. Serie Técnica N°29. 48 pp.

- LIU, Y.H. and J. H.TSAI. 2000. Effects of temperature on biology and life table parameters of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) Ann. Appl. Biol. 137:201-206.
- MOSCHINI, R. C. 2007. "Los cultivos de Soja y Trigo: Herramientas para la Predicción y Manejo de enfermedades en la Argentina", Simposio "Mundo Agro 2007. Intensificación de los sistemas de producción y el manejo del riesgo en agricultura. Incorporando nuevas tecnologías al manejo de los cultivos". 26-27/6/2007. Buenos Aires.
- NAVA, D.E.; TORRES, M.L.G.; RODRIGUES, M.D.L.; BENTO, J.M.S. and J.R.P. PARRA. 2007. Biology of *Diaphorina citri* (Hem. Psyllidae) on different hosts and at different temperatures Journal of applied entomology ISSN 0931-2048, vol. 131, N°9-10, pp. 709-715.
- SINAVIMO. 2009. Programa Nacional de Prevención del Huanglongbing (HLB) ex Greening. Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas. En: <http://www.sinavimo.gov.ar>.
- SOHAIL, A.; NISAR, A. and K. RASHAD RASOOL. 2004. Studies on Population Dynamics and Chemical Control of Citrus Psylla, *Diaphorina citri*. Internacional Journal of Agricultura y Biology 6: 970-973.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM 1988. User's guide release 6.03 edn.'(sas/stat: Cary, NC).
- TSAI, J.H.; WANG, J.J. and Y.H. LIU. 2002. Seasonal abundance of the Asian Citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in southern Florida. Florida Entomologist 85(3) 446-451.
- VACCARO, N.C. 1994. Comportamiento y difusión de la «Chicharrita de los Citrus» *Diaphorina citri* (Homoptera-Diaphoridae) en la zona citrícola de Entre Ríos. En: Carpeta de Información Citrícola. Vol 2. Sección G (27). INTA - EEA Concordia, Entre Ríos, 3 pp.
- XIE, P.; SU, Z.; and Z. LIN. 1989. Studies on the biology of the citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). Acta Agric. Universitatis Zhejiangensis 15(2):198-202.
- XU, C. 1985. Investigation on citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama, and citrus huanglongbing in northern Fujian. Fujian Agric. Technol. 4:42.
- YANG, Y.B. 1989. Influence of light, temperature and humidity on the development, reproduction and survival of citrus psylla (*Diaphorina citri* Kuwayama). Acta Ecologica Sinica. 9(4): 348-354.
- ZHU, W. 1993. Studies on the ecological adaptability of citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama. Jiangxi Citrus Science and Technology 1:20-22