

Situación Actual y Perspectivas del Manejo del HLB de los Cítricos

Current situation and Prospects for Management of Citrus HLB

Mora-Aguilera, G.^{1*}, Robles-García, P.², López-Arroyo, J. I.³, Flores-Sánchez, J.¹, Acevedo-Sánchez, G.¹, Domínguez-Monge, S.¹, Gutierrez-Espinosa A., y Loeza-Kuk E. (INIFAP), González-Gómez, R.⁴.

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo-Fitopatología, Texcoco, Edo. de México. ²Dirección de Protección Fitosanitaria-DGSV. México, D. F. ³INIFAP-CE General Terán. General Terán, Nuevo León.

⁴Centro Nacional de Referencia Epidemiológica Fitosanitaria (CNRF)- DGSV. México, D.F. *Autor de Correspondencia: morag@colpos.mx

Recibido: Diciembre 01, 2014

Aceptado: Enero 27, 2016

Mora-Aguilera G, Robles-García P, López-Arroyo JL, Flores-Sánchez J, Acevedo-Sánchez G, Domínguez-Monge D y González-Gómez R. 2014. Situación Actual y Perspectivas del Manejo del HLB de los Cítricos. Revista Mexicana de Fitopatología 32: 108-119.

El Huanglongbing (HLB), enfermedad inducida por la bacteria *Candidatus Liberibacter* spp., y transmitida en el continente americano por el Psílido Asiático de los Cítricos (PAC) *Diaphorina citri* Kuwayama, es reconocida actualmente como la enfermedad más devastadora de los cítricos a nivel mundial (Bové, 2012).

A nivel mundial, se reporta un impacto epidémico alto del HLB, con niveles de incidencia desde 26 % (Brasil) hasta 100 % (China) (Cuadro 1). Adicionalmente, las pérdidas reportadas a nivel mundial con sustento cuantitativo y epidemiológico varían con respecto a la especie evaluada, *i.e.* en naranja dulce se reportan pérdidas de 42 %, en limón mexicano 62% y en limón persa 17.3% (Cuadro 2).

En México, los escenarios epidémicos del HLB se han categorizado en dos regiones debido a la

Huanglongbing (HLB), a disease induced by the bacteria *Candidatus Liberibacter* spp. and transmitted in the Americas by the Asian Citrus Psyllid (ACP) *Diaphorina citri* Kuwayama, is currently known as the most devastating citrus disease worldwide (Bové, 2012).

On a global scale, a high epidemic impact of HLB is reported to have incidence levels of 26 % (Brazil) to 100 % (China) (Table 1). In addition, losses reported worldwide with quantitative and epidemiological foundations vary regarding the species evaluated, *i.e.*, losses reported for sweet orange are of 42 %, along with 62 % for Mexican lime, and 17.3 % for Persian lime (Table 2).

In Mexico, the epidemic scenarios of HLB have been categorized in two regions due to the occurrence and intensity of the disease: Pacific region (High intensity) and Yucatan Peninsula region (Low intensity) (Figure 1).

The above suggests that HLB management with an epidemiological basis must consider the variation of epidemic intensity (Figure 1), due to

Cuadro 1. Epidemias de HLB en el Mundo (Gottwald *et al.*, 2010; Robles-González *et al.*, 2013).

Table 1. Epidemics of HLB in the world (Gottwald *et al.*, 2010; Robles-González *et al.*, 2013).

Localización	Edad de Plantación (Años)	Incidencia final de árboles sintomáticos
SudaÁfrica	5	98 %
Isla Reunión	7	96 %
China (Guangxi)	13	> 98 %
China (Guangxi)	9	100 %
Indonesia (Bali)	1,75	76 %
Vietnam	3	96.30 %
Brasil (Sao Paulo) (34 plantings)	3	26-37 %
Florida (8 plantings)	3-4	>36 %
México (Colima)	4-10	90 %

ocurrencia e intensidad de la enfermedad, región del Pacífico (Alta intensidad) y región de la Península de Yucatán (Baja intensidad) (Figura 1).

Lo anterior, sugiere que el manejo del HLB con base epidemiológica, debe considerar la variación de intensidad epidémica (Figura 1), debido a susceptibilidad de especies citrícolas prevalentes, compactación citrícola y principalmente a carga de inóculo en la región. La carga de inóculo tiene implicación en el comportamiento temporal (velocidad) y espacial (distancia de dispersión) de la epidemia (Figura 2) y determina los umbrales bajo los cuales se debería operar el inóculo primario, a través de la erradicación, e inóculo secundario a través del control del vector.

the vulnerability of prevalent citrus species, citrus compacting, and mainly, load of inoculant in the region. The load of inoculant has an implication in the temporary (speed) and spatial (distance of propagation) behavior of the epidemic (Figure 2) and determines the thresholds under which the primary inoculant should be operated, through the eradication, and the secondary inoculant, through the control of the vector.

HLB management takes place via three strategies: eradication, control of the vector, and use of certified plant material. The last one is the most complicated to perform due to the social problem it implies, since it requires voluntary and normative means. To this end, the OIRSA developed, for its member countries, the regional normative harmonization guidelines for the phytosanitary certification of citrus propagation material, a normative document which establishes the phytosanitary procedures and requirements for the regulation of citrus propagation material (OIRSA, 2012).

Regarding eradication, Brazil is an example of success in the application of this strategy, in combination with the chemical control of the vector (Bassanezi, 2010).

Vector control is mainly carried out using chemical products and, to a lesser extent, with biological control, using parasitoids, predators, and entomopathogens (Pacheco *et al.*, 2012).

Cuadro 2. Pérdidas productivas asociadas al HLB de los Cítricos.

Table 2. Productive losses related to the citrus HLB.

Escenario	Especie	Pérdidas	Cita
Brasil	Naranja dulce	17.5-42 %	Bassanezi <i>et al.</i> , 2009; Bassanezi <i>et al.</i> , 2011
México-Colima	Limón mexicano	62 %	Robles-González <i>et al.</i> , 2013
México-Yucatán	Limón persa	17.3 %	Flores-Sánchez <i>et al.</i> , 2012

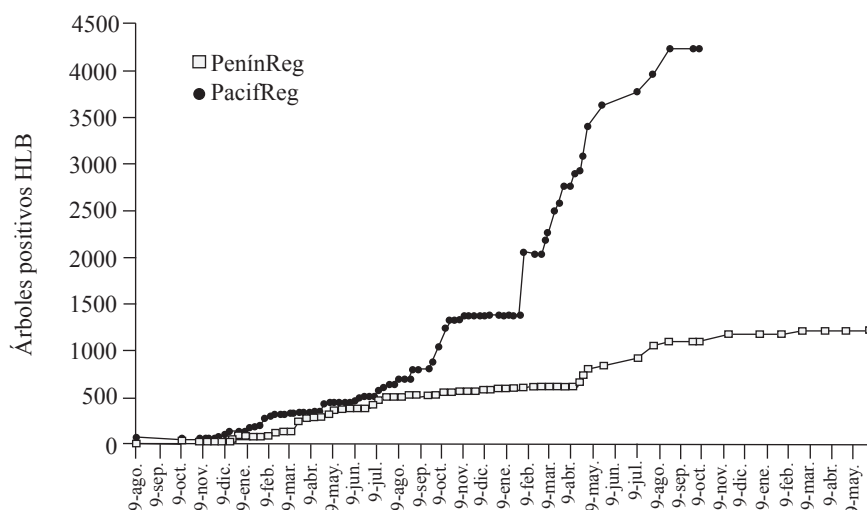


Figura 1. Escenarios epidémicos del HLB en México, hasta Julio, 2012. Datos: SENASICA, 2012.
Figure 1. Epidemic scenarios of HLB in Mexico, until July 2012. Data: SENASICA, 2012.

El manejo del HLB se realiza a través de 3 estrategias: erradicación, control del vector y uso de material vegetal certificado. Este último es el más complicado de realizar debido a la problemática social que esto implica, ya que requiere medios vo-

In Mexico, ACP is controlled by releasing *Tamarixia radiata*. To date there are 2 massive reproduction laboratories that allow coordinated releases in the different citrus-producing regions of the country (Arredondo-Bernal, 2013) (Figure 3).

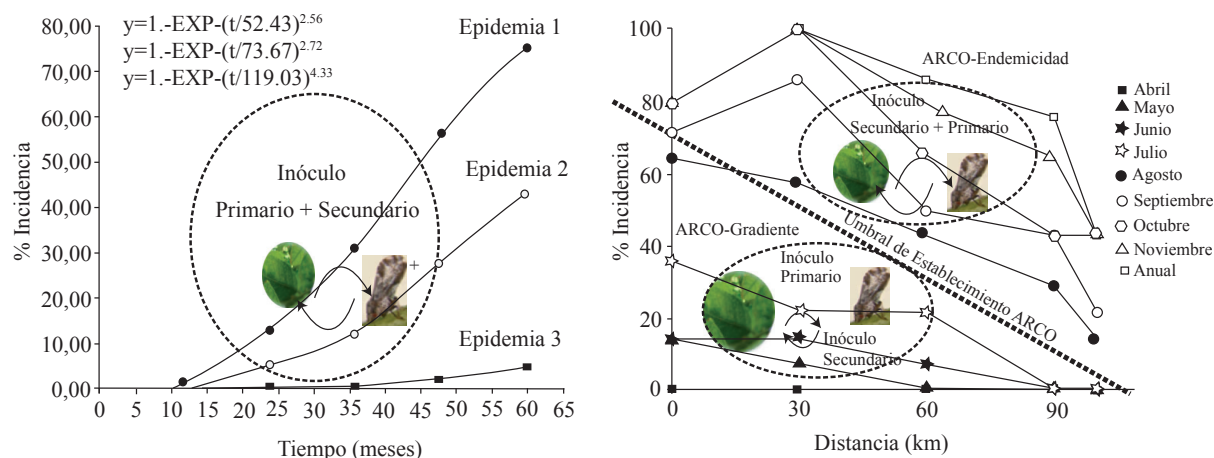


Figura 2. Base epidemiológica del manejo del HLB con énfasis en el tipo de inóculo: A) Enfoque temporal y B) Enfoque espacial.
Figure 2. Epidemiological basis of HLB management with emphasis on the type of inoculant: A) Temporary focus and B) Spatial focus.

luntarios y normativos. Con este fin, la OIRSA desarrolló para sus países miembros, los lineamientos de armonización normativa regional de certificación fitosanitaria de material propagativo de cítricos, documento normativo en el cual se establecen los procedimientos y requisitos fitosanitarios para la regulación de material de propagación de cítricos (OIRSA, 2012).

Sobre la erradicación, Brasil, representa el ejemplo del éxito de la aplicación de esta estrategia, en combinación con control químico del vector (Bassanezi, 2010).

El control del vector se realiza principalmente mediante productos químicos y en menor medida con control biológico mediante parasitoides, depredadores y entomopatógenos (Pacheco *et al.*, 2012).

En México, el control biológico del PAC se realiza mediante la liberación de *Tamarixia radiata*, a la fecha se cuenta con 2 laboratorios de reproducción masiva que permiten la liberación coordinada en los diferentes estados citrícolas del país (Arredondo-Bernal, 2013) (Figura 3).

En cuanto al control químico, en México los productos aprobados por el SENASICA fueron validados por el INIFAP mediante una evaluación de insecticidas convencionales y alternativos recomendados para el control del PAC en cuanto a efectividad e inducción de resistencia (IRAC, 2012), a partir del cual, se generó un programa sustentable de manejo de la resistencia a insecticidas, para su recomendación y uso a nivel nacional (Cuadro 3 y Figura 4) (Cortéz *et al.*, 2013).

Sin embargo, la estrategia que presenta mayor eficiencia en el control del HLB es con enfoque regional. Bové (2012) señala que en el caso de los pequeños productores que se localizan en áreas con baja incidencia de HLB, deben formar áreas compactas de manejo regional de por lo menos 500 ha, en donde se realice el control del vector y la eliminación de plantas enfermas.

Regarding chemical control, in Mexico, products approved by SENASICA were validated by INIFAP by means of an evaluation of conventional and alternative insecticides recommended for the control of ACP for their effectiveness and resistance induction (IRAC, 2012), and from which a program was produced for the sustainable management of resistance to insecticides, for its nationwide recommendation and use (Table 3 and Figure 4) (Cortéz *et al.*, 2013).

However, the strategy that displays the highest efficiency for the control of HLB is region-focused. Bové (2012) points out that the farmers located in areas with low HLB incidence must form compact areas of regional management, of at least 500 ha, in which vectors are controlled and diseased plants are eliminated.

The technical reasons for implementing and maintaining broad APC control areas, particularly with the presence of HLB in a region, are the following: 1) delay the beginning of the epidemic by approximately 299 days, 2) effectively reducing the infection by reducing the population of psyllids from adjacent orchards has a great effect in the reduction of incidence (90 %) and rate of progress (75 %) of HLB; incidence begins later and is slower, 3) reduce the population of local psyllids (by 76 to 97 %), even in abandoned orchards, 5) it allows the use of a less intensive local vector control program, and 6) it reduces HLM management costs, since applications are less intensive and more efficient (Bassanezi, 2010).

Due to the above, in 2011, the National Food and Agriculture Health, Safety, and Quality Service (SENASICA) of the General Plant Health Office (DGSV) implemented a pilot *D. citri* control program in the states of Colima, Michoacan, and Yucatan, in which oils, potassium salts, and chemical products were applied on an estimated surface of (Robles, 2012). In addition, Robles

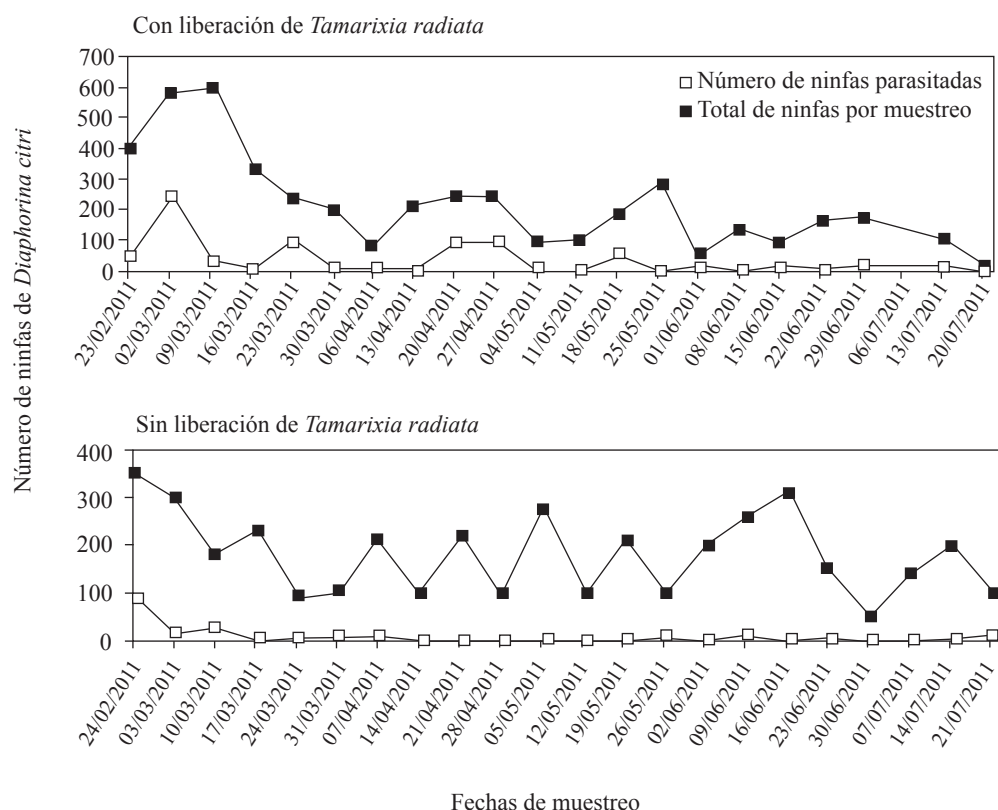


Figura 3. Efecto de las liberaciones de *T. radiata* sobre el número de ninfas de *D. citri*, en Colima. Fuente: Arredondo-Bernal, 2013.
Figure 3. Effect of the releases of *T. radiata* on the number of *D. Citri* nymphs, in Colima. Source: Arredondo-Bernal, 2013.

Las razones técnicas para implementar y mantener áreas amplias de control del PAC, sobre todo con la presencia de HLB en una región, son las siguientes: 1) retrasar el inicio de la epidemia en 299 días aproximadamente, 2) reducir la infección de manera efectiva al disminuir la población de psílidos de huertas adyacentes, tiene un gran efecto en reducir la incidencia (90 %) y la tasa de progreso (75 %) del HLB; la incidencia inicia más tarde y es más lenta, 3) reducir la población de psílidos locales (de 76 a 97 %), aún en huertos abandonados, 5) permite el uso de un programa menos intensivo de control local del vector, y 6) reduce los costos de manejo del HLB, porque las aplicaciones son menos intensivas y más eficientes (Bassanezi, 2010).

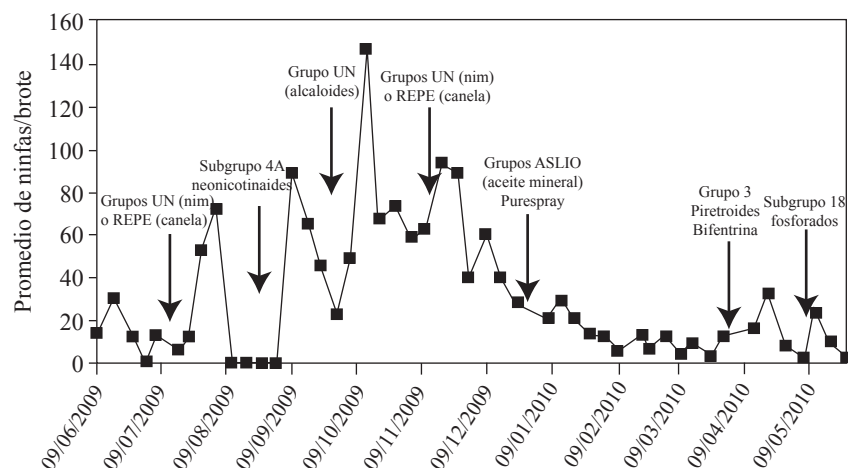
(2012) mentions that the DGSV, SENASICA, in collaboration with the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP), scientists from other institutions and technicians from the Auxiliary Plant Health Organizations produced the Protocol to establish regional areas for the control of Huanglongbing and the Asian Citrus Psyllid (ARCOs).

Bové (2012) points out that in the case of small producers that are located in areas with low incidence of HLB, must form compact areas of regional management of at least 500 hectares where they perform the control of the vector and the elimination of diseased plants. While this assertion has not epidemiological support, it points

Cuadro 3. Insecticidas autorizados para su uso en cítricos contra el PAC en México (SENASICA, 2012).**Table 3.** Insecticides authorized for use in citrus against ACP in Mexico (SENASICA, 2012).

Nombre de I.A.	Nombre Comercial	Modo de Acción	Dosis	Días Intervalo de Seguridad
Aceite mineral	Purespray/Foliar 22E	ASLIQ*(UN**)	1-3 L/100L de Agua	SL
Argemolina + Berberina + Ricinina + A-Terthienil	Bio-Die/biodi/Progranic/ progreen/ Naturacide/Icametrina/Star/Star/ Agricola/Ataque/ Ultramyl	UN**(Alcaloides)	1.5-2 L/ha	SL
Extracto de aceite de nim clarificado (Azadiractina)	Programic Nimicide 80/ Utraneem Ce80/ Pro-Neem Ce80/ Proggreen Nemm Ce80/STAR Agricola Neem Ce80/ Naturacide Neem Ce80/ Ultrachem Neem CE80/ Star Neem CE 80/ CYR-neem CE 80/ Ultralite Neem CE 80	UN**	2-3 L/Ha	SL
Extracto de Canela	Progranic Cinnacar/Ultra Canela/ Pro Canela/ Proggreen Acar/ Star Acar/ Naturicide Acar/ Ultrachem Acar/ CYR canela/ Bio Acar/ Bio Cinnamon	REPE*	1-3 L/ha	SL
Bifentrina Zetacipermetrina	+ Hero / Hero 15 % CE/ Hero	Grupo 3**	0.6-0.7 L/ha	1
Imidacloprid Betacyflutrin	+ Solomon/ Thunder/ Muralla Max/ Muralla Max 300 OD	Grupo 4A + Grupo 3**	40-50 ml/100 L de agua	SL
Thiametoxam	Actara 25GS/ Actara 25 WG	Grupo 4A**	1-3 g/árbol	0

Insecticidas autorizados por SENASICA, hasta septiembre 2012. I.A. = ingrediente activo. *De acuerdo con Rodríguez y Silva (2003). **De acuerdo a IRAC (2012). SL= sin límite / Insecticides authorized by SENASICA, until September 2012. A.I. = active ingredient. *According to Rodríguez and Silva (2003). **According to IRAC (2012). NL= no limit.

**Figura 4.** Propuesta de rotación de insecticidas para manejar la resistencia del PAC. Con base en brotación, dinámica poblacional y biología del PAC y condiciones ambientales.**Figure 4.** Proposal of insecticide rotation to manage the resistance of ACP. Based on budding, population dynamics, and biology of ACP and environmental conditions.

Por lo anterior, en 2011, el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) de la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) implementó un programa piloto de control de *D. citri*, en los estados de Colima, Michoacán y Yucatán, en el cual se realizó la aplicación de aceites, sales potásicas y productos químicos en una superficie estimada de (Robles, 2012). Adicionalmente, Robles (2012) menciona que la DGSV, del SENASICA, en colaboración con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), investigadores de otras instituciones y técnicos de los Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal elaboraron el Protocolo para establecer áreas regionales de control del Huanglongbing y el Psílido Asiático de los Cítricos (ARCOs).

Bové (2012) señala que en el caso de los pequeños productores que se localizan en áreas con baja incidencia de HLB, deben formar áreas compactas de manejo regional de por lo menos 500 ha, en donde se realice el control del vector y la eliminación de plantas enfermas. Sin bien esta aseveración no tiene un sustento epidemiológico si puntualiza un problema central relativa al área que debe incluir un ARCO. Una estrategia racional para responder en México a este requerimiento técnico fue la aplicación de tasas de dispersión obtenidos mediante la investigación de gradientes espaciales realizados para el HLB y otros patógenos transmitidos por vectores (Flores-Sánchez *et al.*, 2011; Mora-Aguilera y Escamilla-Bencomo, 2002) combinados con factores de riesgo y de endemidad (Figura 2B, Figura 5). Con este sustento se concibieron ARCO's con base en gradientes-riesgo para condiciones de baja o nula prevalencia de la enfermedad (p.e. Caso Veracruz, Tamaulipas y Nuevo León) y ARCO's con base en endemidad (p.e. Colima) (Figura 2B). Es decir, contextualizados en lo principios de la prevención y protección (Mora-Aguilera *et al.*, 2013).

El cálculo de un ARCO involucra la estima-

out a central problem relative to the area that must include an ARCO. A rational strategy to respond in Mexico about this technical requirements was the application of dispersion rates obtained by the research of spatial gradients for HLB and other pathogens transmitted by vectors (Flores-Sánchez *et al.*, 2011; Mora-Aguilera y Escamilla-Bencomo, 2002) combined with risk and endemicity factors (Figure 2B, Figure 5).

With this support the ARCOs were conceived based on gradients-risk for low or null prevalence conditions of the disease (p.e. Veracruz, Tamaulipas and Nuevo Leon) and ARCOs based on prevention and protection (Mora-Aguilera *et al.*, 2013).

The calculation of an ARCO involves estimation of the number, location and control area. This aspects represent the weighted by risk factors applied to state level and the use of Monte Carlo simulation.

The proposed equation is as follows:

$$Area=((3.15*(rate_{disp} * Fact_{pond})^2 * t)+100$$

Where:

Area= Size of risk area about to define by region.

The basic unit is the municipality of citrus cultivation and the total area is the federal entity.

3.15=Constant value to calculate the area.

$rate_{disp}$ =Distance of dispersion of HLB per month from an initial focus on a region of recent income with active dispersion

$Fact_{pond}$ =Product of the weighting variables selected (citrus surface, index of susceptibility and burden of inoculum).

t= Time to determine the risk area size

The quantitative basis denote the analysis of data of HLB epidemics in Brasil (Sao Paulo) ((Bassanezi, 2010), EUA (Florida) (Irey, 2009) and

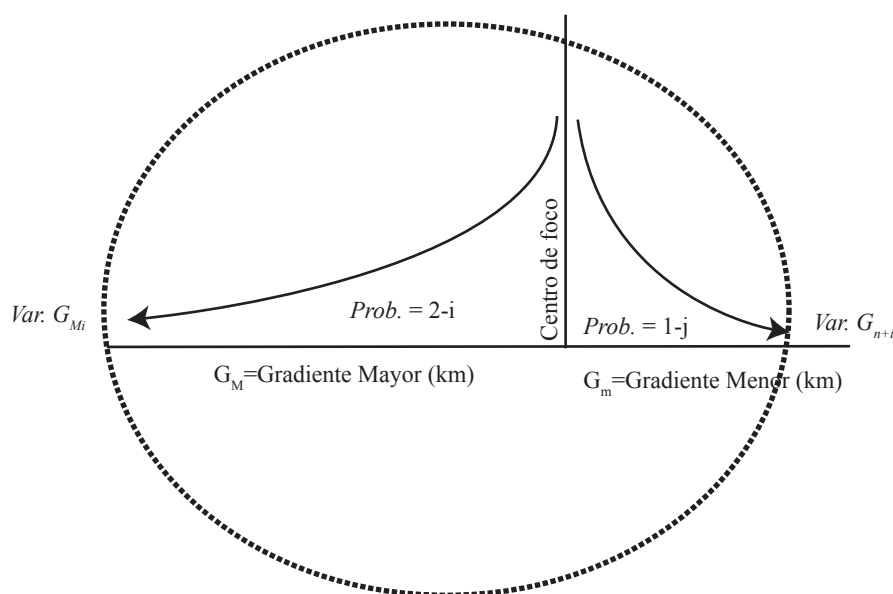


Figura 5. Modelo epidemiológico general para la estimación de un área regional de manejo (ARCO) basado en el concepto asimétrico de gradientes de dispersión de CLas por medio de su vector *D. citri*.

Figure 5. General epidemiological model for estimating a regional management area (ARCO) based on the concept of asymmetric dispersion of CLas through its vector *D. citri*.

ción del número, localización y el área de control. Estos aspectos implican la ponderada por factores de riesgo aplicados a nivel estatal y el uso de simulación Monte Carlo.

La ecuación propuesta fue la siguiente:

$$\text{Área} = ((3.15 * (\text{tasa}_{\text{disp}} * \text{Fact}_{\text{pond}})^2 * t) + 100$$

Dónde:

Área = Tamaño del área de riesgo a definir por región. La unidad básica es el municipio citrícola y el área total es la entidad federativa.

3.15 = Valor constante para cálculo de área.

$\text{tasa}_{\text{disp}}$ = Distancia de dispersión del HLB por mes a partir de un foco inicial en una región de reciente ingreso con dispersión activa.

$\text{Fact}_{\text{pond}}$ = Producto de las variables de ponderación seleccionadas (Superficie citrícola, Índice

Mexico (Colima and Yucatan) (Robles-González *et al.*, 2013; Flores-Sánchez *et al.*, 2011). Spatial data was used to determine dispersion gradients with directionality in relation to the prevailing winds to generate epidemic scenarios for the Monte Carlo simulation (Table 4) and its implementation through a web application called @RCOS. A federative entity can have more than one ARCO and the number and localization is determined based on the risk level that they are willing to manage (p.e. 80-90%), as well as the infrastructure, human and economic resources available in the entity (Mora-Aguilera *et al.*, 2013).

The five components considered for the establishment of the ARCOs in Mexico are the following:

- 1) Organization: Gives rise to the formation of a technical group specialized in the topic of each

de Susceptibilidad y Carga de Inóculo).
 t = Tiempo para determinar el tamaño de un área de riesgo.

La base cuantitativa implicó el análisis de datos de epidemias de HLB en Brasil (Sao Paulo) (Basanezi, 2010), EUA (Florida) (Irey, 2009) y México (Colima y Yucatán) (Robles-González *et al.*, 2013; Flores-Sánchez *et al.*, 2011). Los datos espaciales fueron usados para determinar

gradientes de dispersión con direccionalidad en función de los vientos dominantes y generar escenarios epidémicos para fines de simulación Monte Carlo (Cuadro 4) y su implementación por medio de una aplicación web denominada @RCOS. Una entidad federativa puede tener más de un ARCO y el número y localización se determina en función del nivel de riesgo que se desea manejar (p.e. 80-90 %), infraestructura y recursos humanos y económicos disponibles en la entidad (Mora-Aguilera *et al.*, 2013).

Los cinco componentes contemplados para establecer las ARCOs en México son los siguientes:

- 1) Organización: Da lugar a la formación de un grupo técnico especialista en el tema en cada uno de los estados con campaña, designa a un técnico responsable de cada ARCO, a un productor líder y a un facilitador que promueve la participación de los productores.
- 2) Características de las ARCOs: Se prioriza la implementación de las ARCOs con base en los siguientes criterios biológicos y epidemiológicos: a) abundancia de hospedantes, b) susceptibilidad de los hospedantes, c) cantidad y distancia entre focos, d) carga de inóculo, y e) dirección del viento dominante.
- 3) Monitoreo del vector: Hace uso de trampas amarillas para medir la población del PAC a nivel regional y por especie hospedante, eva-

of the states with a campaign, designates a technician in charge of each ARCO, a leading farmer, and a facilitator that promotes the participation of the farmers.

- 2) Characteristics of ARCOs: The implementation of the ARCOs is prioritized based on the following biological and epidemiological criteria: a) abundance of hosts, b) vulnerability of the hosts, c) amount of, and distance between, sources, d) load of inoculant, and e) direction of the predominant wind.
- 3) Monitoring the vector: Uses yellow traps to measure the population of the ACP in a region and by host species, evaluate the impact of the total regional applications of chemical and biological control, determine periods of total regional application, avoid unnecessary applications and identify appearances of the insect by orchard (sources of infestation). To facilitate the capture, shipping, and processing of the data obtained every week from the traps, SIMDIA (Diaphorina Monitoring System) is used, through which information is obtained at a national scale, as well as from each state, ARCO, orchard, and trap, which facilitates decision-making at these different levels.
- 4) Adequate use of insecticides. Both in regional applications and in the attention to sources of infestation found by monitoring, insecticides are used that are registered before COFEPRIS

Cuadro 4. Tasas de dispersión mensual del HLB, por gradiente.
Table 4. Monthly HLB dispersion rates, per gradient.

País	Región	Tasa de Dispersión/mensual	
		GM (km)	Gm (km)
Brasil	Sao Paulo	12.5	8.9
EUA	Florida	34	17
México	Colima	12.6	2
México	Yucatán	6	2.6

luar el impacto de las aplicaciones regionales totales de control químico y biológico, determinar períodos de aplicación total regional, evitar aplicaciones innecesarias e identificar brotes del insecto por huerto (focos de infestación). Para facilitar la captura, envío y procesamiento de los datos obtenidos semanalmente de las trampas, se utiliza el SIMDIA (Sistema de Monitoreo de Diaphorina), a través del cual se obtiene información a escala nacional, estatal, por ARCO, huerta y trampa, lo que facilita la toma de decisiones en los diferentes niveles.

- 4) Uso correcto de insecticidas. Tanto en las aplicaciones regionales totales como en la atención de focos de infestación detectados mediante monitoreo, se utilizan insecticidas que cuentan con registro ante COFEPRIS para su uso específico contra el PAC. También se puede hacer uso de productos que cuentan con registro para otras plagas en cítricos y aquellos que no requieren de registro (jabones y detergentes) pero que han sido evaluados por el INIFAP para su uso contra este vector. El Protocolo hace énfasis en la rotación de los diferentes grupos toxicológicos para el manejo de la resistencia del insecto.
- 5) Uso del control biológico. Un componente fundamental para el control del PAC en zonas urbanas aledañas o inmersas en las ARCOs, así como en las huertas abandonadas que forman parte de las ARCOs, es la producción y liberación de *Tamarixia radiata*, parasitoide específico del PAC. Asimismo, en las huertas comerciales de las ARCOs que reúnen las condiciones de temperatura y humedad relativa, se realizan aplicaciones regionales totales de hongos entomopatógenos; tanto la cepa como la dosis a utilizar en cada ARCO, deriva de trabajos de investigación realizados por el Centro Nacional de Referencia de Control Biológico.

A través de esta estrategia implementada en

for their use against ACP, specifically. Products can also be used that are registered for use with other pests in citrus plants and those that require no registration (soaps and detergents), but have been evaluated by INIFAP for use against this vector. The Protocol places particular emphasis on the rotation of the different toxicological groups for the management of the insect's resistance.

- 5) Use of biological control. A crucial component for the control of ACP in urban areas, adjacent or within the ARCOs, as well as abandoned orchards that are part of the ARCOs, is the production and release of *Tamarixia radiata*, an ACP-specific parasitoid. Likewise, in the ARCOs' commercial orchards with the relative temperatures and humidity, total regional applications of entomopathogenic fungi are carried out; both the strain and the dose used in each ARCO stems from investigation carried out by the National Biological Control Reference Center.

This strategy implemented in the 23 states with campaigns (Baja California, Baja California Sur, Campeche, Colima, Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacan, Morelos, Nayarit, Nuevo Leon, Oaxaca, Puebla, Queretaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, and Yucatan) in 2013, 120,000 ha. are being tended to, so as to impact the insect populations, contribute to the mitigation of the disease spreading, and promote the participation of the farmers in the ARCOs, as a crucial element to confront HLB (Figure 5).

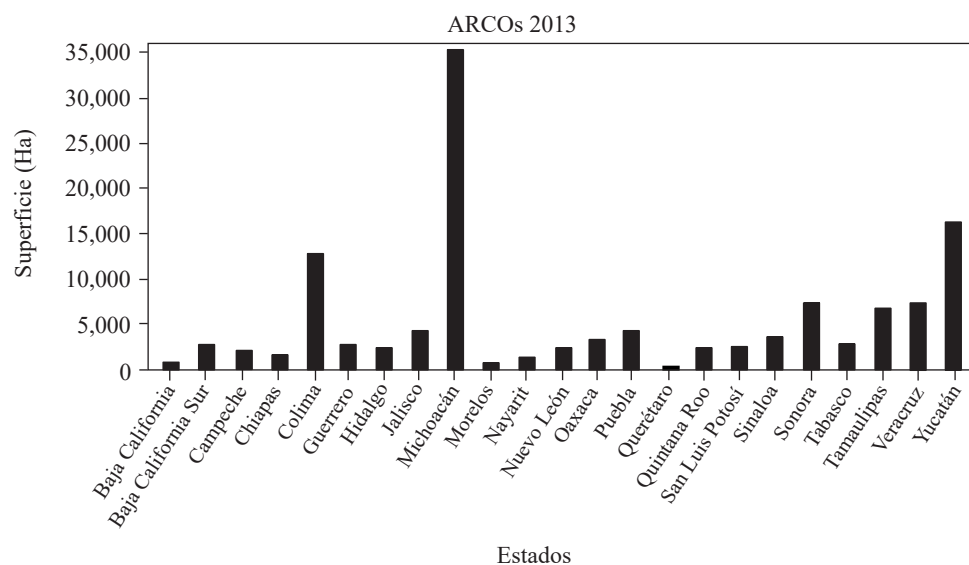
However, the five components suggested above omit the epidemiological characteristic to determine the number, location, and size of the ARCOs, therefore it was necessary to develop a proposal to incorporate these elements and justify its implementation. To develop this proposal, the

los 23 Estados con campaña (Baja California, Baja California Sur, Campeche, Colima, Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán), durante el 2013 se están atendiendo 120,000 ha. con el objetivo de impactar las poblaciones del insecto, contribuir a mitigar el riesgo de diseminación de la enfermedad y promover la participación de los productores en las ARCOs, como elemento fundamental para enfrentar al HLB (Figura 6).

Sin embargo, los cinco componentes propuestos anteriormente obviaban el carácter epidemiológico para la determinación del número, ubicación y tamaño de las ARCOs, por lo que fue necesario desarrollar una propuesta que incorporará estos elementos y que diera justificación de su implementación. Para el desarrollo de esta propuesta se consideró el control del inóculo con criterio espacial, con énfasis en el potencial de dispersión del HLB, presión de inóculo, superficie de hospedante y sus-

control of the inoculant was considered with spatial criteria, with an emphasis on the potential for the spreading of HLB, inoculant pressure, host surface, and vulnerability of citrus species. The potential for the spreading of HLB in a region is based mainly on the wind, host availability, and its level of compacting and size of the source. To this end, data were analyzed from Brazil (Sao Paulo) (Bassanezi, 2010), U.S.A. (Florida) (Irey, 2009), and Mexico (Colima and Yucatan) (Robles-González *et al.*, 2013; Flores-Sánchez *et al.*, 2011) in which there were reports of the spatial and temporal progress of the HLB. This data was then used to determine gradients of dispersion with a directionality based on the predominant winds. In all four scenarios, a gradient was found for greater distance downwind (GM), and another gradient was found for less distance against the wind (Gm). The rate of dispersion was obtained with the monthly distance of dispersion.

~~~~~ End of the English version ~~~~~



**Figura 6.** Superficie citrícola atendida a través de ARCOs durante el 2013 en México.  
**Figure 6.** Citrus surface tended through ARCOs during 2013 in Mexico.

ceptibilidad de especies citrícolas. El potencial de dispersión del HLB en una región está en función, principalmente, del factor viento, disponibilidad de hospedante y su nivel de compactación y magnitud del foco (tamaño). Para este fin, se analizaron datos de Brasil (Sao Paulo) (Bassanezi, 2010), EUA (Florida) (Irey, 2009) y México (Colima y Yucatán) (Robles-González *et al.*, 2013; Flores-Sánchez *et al.*, 2011) en los cuales se reportó el progreso espacio-temporal del HLB, con estos datos se determinaron gradientes de dispersión con direccionalidad en función de los vientos dominantes. En los cuatro escenarios se detectó que existía un gradiente de mayor distancia a favor del viento (GM) y otro gradiente de menor distancia en contra de los vientos dominantes (Gm). La tasa de dispersión se obtuvo con la distancia de dispersión mensual.

## LITERATURA CITADA

- Arredondo, B. H. 2013. Control Biológico: Componente de las Áreas Regionales de Control del PAC. In: Memorias de la Reunión Nacional de Sanidad Vegetal. México, D.F. 16-19 Abril.
- Bassanezi, R. B., Montesino, L. H. and Stuchi, E. S. 2009. Effects of huanglongbing on fruit quality of sweet orange cultivars in Brazil. *European Journal of Plant Pathology* 125:565-572.
- Bassanezi, R. 2010. Epidemiología del HLB y sus implicaciones para el manejo de la enfermedad (presentación). Taller de enfermedades de alto impacto-cuarentenadas en el cultivo de los cítricos. III Simposio Internacional de Fruticultura tropical y subtropical. La Habana, Cuba. 26 al 30 de octubre de 2010.
- Bassanezi, R. B., Montesino, L. H., Godoy, G. M. C., Filho, A. B. and Amorin, L. 2011. Yield loss caused by huanglongbing in different sweet orange cultivars in Sao Paulo, Brazil. *European Journal of Plant Pathology* 130:577-586.
- Bové J.M. 2012. Huanglongbing and the future of citrus in Sao Paulo, State, Brazil. *Journal of Plant Pathology* (2012), 94 (3), 465-467. Edizione ETS Pisa, 2012.
- Cortéz, M. E., Loera, G. J., Hernández, F. L., Barrera, G. J., Fontes, P. A., Díaz, Z. U., Jasso, A. J., Reyes, R. M., Manzanilla, R. M. y López, A. J. 2013. Manual para el Uso de Insecticidas Convencionales y Alternativos en el Manejo de *Diaphorina citri* Kuwayama en Cítricos, en México. Folleto Técnico No. 36. INIFAP.
- Flores-Sánchez, J. L., Mora-Aguilera, G., Loeza-Kuk, E., Domínguez-Monge, S., Acevedo-Sánchez, G. y López-Arroyo, J. I. 2012. Yield Loss Modeling of *Candidatus Liberibacter asiaticus* on Persian Lime (*Citrus Latifolia*) in southern Mexico. In: Book of Abstracts of the XII International Citrus Congress. S12P01 199p. Valencia, Spain. 18-23 November.
- Flores-Sánchez, J. L., Mora-Aguilera, G., Loeza-Kuk, E., Domínguez-Monge, S., Acevedo-Sánchez, G., Rivas-Valencia, P., Ruiz-García, N., López-Arrollo, J. I., Hernández-Chan, E., Novelo-Cocon, A., López-Sánchez, P., y Sánchez-Rebolledo, F. 2011. Gradientes de Dispersión del HLB a partir de Focos Iniciales de Infección en la Península de Yucatán. In: Memoria del 2do. Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México. 5 y 6 de Diciembre. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. pp: 83-87.
- Gottwald, T. R. 2010. Current Epidemiological Understanding of Citrus Huanglongbing. *Annual Review of Phytopathology*. 48:119-139.
- IRAC (Insecticide Resistance Action Committee). 2012. IRAC MoA Classification Scheme. IRAC International MoA Working Group. IRAC executive. Version 7.2 (Issued, April 2012). 23 p.
- Irey, M. 2009. Current Status of Management in Florida. Taller Internacional de Plagas Cuarentenarias de los Cítricos. Villahermosa, Tabasco.
- OIRSA (Organismo Internacional. 2013. Norma Regional de Sanidad Vegetal (NRSV): Lineamientos de Armonización Normativa Regional de Certificación Fitosanitaria de Material Propagativo de Cítricos.
- Pacheco, C. J., Samaniego, R. J. y Fontes, P. A. 2012. Tecnología para el manejo integrado del psílido *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en cítricos en Sonora. Folleto Técnico No. 88. INIFAP.
- Robles G, M. M., Velázquez, M. J. J., Manzanilla, R. M. A., Orozco, S. M., Medina, U. V. M., López-Arroyo, J. I. y Flores-Virgen, R. 2013. Síntomas del Huanglongbing (HLB) en Limón Mexicano (*Citrus aurantifolia*) y su Dispersión en el Estado de Colima, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 19(1): 15-31.
- Robles, G. P. 2012. Protocolo para establecer Áreas Regionales de Control del Huanglongbing y el Psílido Asiático de los Cítricos (ARCOs). <http://www.senasica.gob.mx/?doc=9364>
- Rodríguez, M. J. C., y G. Silva, A. 2003. Manejo de la resistencia a los insecticidas. In: Silva, A. G., y R. Hepp, G. (eds.) Bases para el manejo racional de insecticidas. Trama Impresores, S. A. Chillán, Chile. pp 263-289.