

Vigilancia Epidemiológica y Estatus Actual del Amarillamiento Letal del Cocotero, Punta Morada de la Papa y Huanglongbing de los Cítricos (HLB) en México

Epidemiological Surveillance and Current Status of Coconut Lethal Yellowing, Potato Purple Top and Citrus Huanglongbing (HLB) in Mexico

Mora-Aguilera, G.^{1*}, Flores-Sánchez, J.¹, Acevedo-Sánchez, G.¹, Domínguez-Monge, S.¹, Oropeza-Salín, C.², Flores-Olivas, A.³, González-Gómez, R.⁴ y Robles-García, P.⁵. ¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo-Fitopatología, Texcoco, Edo. de México. ²Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. Mérida, Yucatán. ³Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. ⁴Centro Nacional de Referencia Epidemiológica Fitosanitaria (CNRF)- DGSV. México, D.F. ⁵Dirección de Protección Fitosanitaria-DGSV. México, D. F. *Autor de Correspondencia: morag@colpos.mx

Recibido: Diciembre 01, 2014

Aceptado: Enero 27, 2016

Mora-Aguilera G, Flores-Sánchez F, Acevedo-Sánchez G, Domínguez-Monge S, Oropeza-Salín C, Flores-Olivas A, González-Gómez R y Robles-García P. 2014. Vigilancia Epidemiológica y Estatus Actual del Amarillamiento Letal del Cocotero, Punta Morada de la Papa y Huanglongbing de los Cítricos (HLB) en México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 32: 120-131.

La sustentabilidad productiva agrícola de un país se concibe en la actualidad como un activo estratégico en el desarrollo de las economías y la seguridad alimentaria. En este contexto, gradualmente la fitosanidad está adquiriendo el reconocimiento de prioridad nacional con el consecuente desarrollo de sistemas de vigilancia epidemiológica que permitan potenciar la prevención como estrategias de manejo fitosanitario. En años recientes, agentes patógenos de acción vascular-sistémico en sus hospederos y asociados a insectos vectores han

The agricultural productivity of a country is currently considered a strategic asset for economies and food security. In this context, plant health is gradually getting increased recognition as a national priority and leading to the establishment of surveillance systems for enhancing prevention and phytosanitary management strategies. In recent years, pathogenic agents of systemic-vascular action on their hosts and associated vector insects have caused high-intensity epidemics at regional level. This has involved the movement of microbiological agents at continental level with devastating effects in some cases. Some of the most important among this type of pathogenic agents are the prokaryote microorganisms, i.e. organisms that lack a membrane-bound nucleus with cytoplasmic DNA. This can be explained by their generic condition to exhibit an obligate parasitism; a unicellular thallus adapted to phoretical conditions via vector; a systemic condition mainly associated

causado epidemias de alta intensidad en un ámbito regional. Esto ha implicado la movilidad de agentes microbiológicos a nivel continental con efectos en algunos casos devastadores. Dentro de este tipo de agentes patogénicos destacan microorganismos procariotes, i. e. organismos sin pared nuclear con DNA citoplásmico. Esto se puede explicar por su condición genérica de exhibir un parasitismo obligado; un talo unicelular adaptado a condiciones forética vía vector; una condición sistémica, principalmente asociados al floema, causando infecciones crónicas con gradual detrimento productivo en el caso de hospederos perennes o en aquellos con sucesión estacional mediante propagación vegetativa; y, disponibilidad de inóculo permanente en el hospedante cultivado y/o en la combinación con hospederos secundarios.

En México, epidemias causadas por organismos procariotes destacan el amarillamiento letal del cocotero (ALC), inducido por el fitoplasma del Amarillamiento Letal del Cocotero (Grupo de especies 16SrIV- Coconut Lethal Yellows Group); el huanglonbing de los cítricos (HLB), causado por tres especies: *Candidatus Liberibacter africanus* (CLaf), *Candidatus Liberibacter americanus* (CLam) y *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas), este último, es el reportado en México y, la Punta Morada de la Papa (PMP). En el caso de PMP, se reportan asociados dos organismos: el fitoplasma de la Punta Morada de la Papa (Grupo de especies 16SrII Peanut WB Group) (NCBI, 2013) y la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CLs), esta última asociada a la enfermedad conocida como zebra chip.

El ALC se detectó en México a finales de la década de los 70's, causando una mortalidad devastadora de aproximadamente 700 mil plantas de cocoteros (*Cocos nucifera*) en el Caribe Mexicano (Góngora-Canul *et al.*, 2004; Pérez-Hernández *et al.*, 2004) y 7.9 millones de plantas en toda la

with the phloem, which causes chronic infections with gradual productive damage to perennial hosts or to hosts with seasonal succession by vegetative spreading; and, availability of permanent inoculum in the grown host and/or in combination with secondary hosts.

In Mexico, among the epidemics caused by prokaryote organisms include coconut lethal yellowing (ALC) induced by coconut lethal yellowing phytoplasma (Species group 16SrIV- Coconut Lethal Yellows Group); citrus huanglonbing (HLB) caused by the species *Candidatus Liberibacter africanus* (CLaf), *Candidatus Liberibacter americanus* (CLam) and *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas) —the latter being reported in Mexico— and potato purple top (PMP). In the case of PMP two organisms have been found to be associated: potato purple top phytoplasma (Species group 16SrII Peanut WB Group) (NCBI, 2013) and *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CLs), a bacterium associated with the disease known as zebra chip.

ALC was detected in Mexico in the late 70s causing a devastating mortality of around 700 thousand coconut plants (*Cocos nucifera*) in the Mexican Caribe (Góngora-Canul *et al.*, 2004; Pérez-Hernández *et al.*, 2004) and 7.9 million plants across the Caribbean region (Mora and Hernández, 2005. Unpublished data; Oropeza *et al.*, 2005). This led to the replacement of coconut trees using tolerant materials such as the ALC-tolerant Malayan dwarf that used to be grown in gardens. As a result, in all new coconut plantations Malayan dwarf varieties were grown (Góngora-Canul *et al.*, 2004). ALC typical symptoms are development of inflorescences necrosis, small fruit drop and frond yellowing starting by the lower parts, total defoliation and dead leaves. The causal agent is systemically distributed up to the root system (Mora-Aguilera and Escamilla, 2001).

región caribeña (Mora y Hernández, 2005. Datos no publicados; Oropeza *et al.*, 2005). Esto implicó la restitución de cocoteros empleando materiales tolerantes como el enano Malayo que se usaban en jardinería, el cual es tolerante a este patógeno. Consecuentemente, todas las nuevas plantaciones fueron establecidas con enano malayo (Góngora-Canul *et al.*, 2004). Los síntomas típicos de ALC consisten en necrosis de la inflorescencia en desarrollo, caída de frutos pequeños, amarillamiento de las frondas iniciando por las inferiores, defoliación total y muerte. El agente causal se distribuye sistémicamente, incluso en el sistema raíz (Mora-Aguilera y Escamilla, 2001). Por otra parte, el HLB fue introducido a México en el 2009, ocasionando impactos socio-económicos y productivos importantes en la citricultura mexicana, particularmente en los agrios con pérdidas de 17.3 % al 60 % (Robles-González *et al.*, 2013; Flores-Sánchez *et al.*, 2012; Esquivel-Chávez *et al.*, 2012;). Los síntomas de HLB en hoja consisten en moteado, manchas angulares asimétricas, engrosamiento de nervaduras, clorosis y defoliación; en fruto se exhibe crecimiento asimétrico, engrosamiento del albedo y necrosis de semillas (Esquivel-Chávez *et al.*, 2012). Así también, la PMP la cual es considerada como la segunda enfermedad de mayor importancia de la papa (*Solanum* sp.) después del Tizón tardío (Hernández-García *et al.*, 2010; Almeyda *et al.*, 2008; Rubi-Covarrubias *et al.*, 2006), se tienen registros de síntomas tipo PMP desde finales de los 40's, con un incremento en los últimos 10 años y con pérdidas hasta del 40 % en infecciones tempranas para fitoplasma (Hernández-García *et al.*, 2010). Los síntomas consisten en achaparramiento de la planta, engrosamiento y acortamiento entre nudos, tubérculos aéreos y eventualmente aparición de pigmentos morados en las hojas (Cadena *et al.*, 2003; Salas *et al.*, 2013). Los síntomas de Zebra chip son similares a los de PMP con la adición de un bandeado en tubérculos (Munyanza, 2012).

Introducido en México en 2009, HLB has significant socioeconomic and production impacts on the Mexican citriculture, particularly on citrus fruits with losses from 17.3 % to 60 % (Robles-González *et al.*, 2013; Flores-Sánchez *et al.*, 2012; Esquivel-Chávez *et al.*, 2012;). Leaf HLB symptoms include stains, asymmetric angular spots, nervation thickening, chlorosis and defoliation; asymmetrical growth of fruit, albedo thickening and necrotic seed (Esquivel-Chávez *et al.*, 2012). Also, there are records of PMP, which is considered the second most important potato disease (*Solanum* sp.) following late blight (Hernández-García *et al.*, 2010; Almeyda *et al.*, 2008; Rubi-Covarrubias *et al.*, 2006), and symptoms of the PMP type since the late 40s, with an increase in the last 10 years and losses up to 40 % derived from early phytoplasma infections (Hernández-García *et al.*, 2010). Symptoms include plant dwarfing, knots thickening and shortening, aerial tubers, and eventually, purple pigmentation on leaves (Cadena *et al.*, 2003; Salas *et al.*, 2013). Zebra chip symptoms are similar to PMP symptoms besides tuber stripping (Munyanza, 2012).

Currently, ALC, PMP and HLB are distributed in most of the Mexican states where their main hosts are grown (Figure 1). ALC distribution is mainly associated with ecotypes of *C. nucifera* known as *Altos del Atlántico* that recorded the highest epidemiological intensity in the 80s. The devastation occurred in the Yucatan Peninsula apparently influenced the drastic reduction of the inoculum by limiting the epidemic progress in the Gulf of Mexico and the rest of the country. There are no records of epidemics of the ecotype *Altos del Pacífico* but the speed and expression of the symptoms has changed, as well as the occurrence of these pathogen genetic variations based on rDNA studies (Oropeza *et al.*, 2005). This is a potential risk that must be monitored due to the importance of the Pacific watershed as a coconut growing area

Actualmente, el ALC, PMP y el HLB se encuentran distribuidos en la mayoría de los estados del país en los que se cultivan sus hospedantes principales (Figura 1). La distribución del ALC se encuentra principalmente asociada a ecotipos de *C. nucifera* denominados *Altos del Atlántico* con los registros epidemiológicos de mayor intensidad en los 80's. La devastación en la Península de Yucatán aparentemente influyó en una drástica reducción de inóculo, limitando el progreso epidémico en el Golfo y resto del país. En el ecotipo *Altos del Pacífico* no se han registrado epidemias intensas pero si cambios en la velocidad y expresión de síntomas y la ocurrencia de variaciones genéticas del patógeno basadas en estudios de rDNA (Oropeza *et al.*, 2005). Esto representa un riesgo potencial que debe monitorearse debido a la importancia de la vertiente del Pacífico como zona productora de coco (Góngora-Canul *et al.*, 2004). El HLB exhibe hasta el presente dos escenarios epidémicos: la Península de Yucatán con baja intensidad epidémica y marcada influencia de traspatios urbanos y rurales, y la vertiente del Pacífico con epidemias de alta intensidad principalmente en limón mexicano y limón persa (Robles-González *et al.*, 2013; Flores-Sánchez *et al.*, 2012) (Figura 2). La PMP se encuentra distribuida en la zona centro y norte del país con aparente mayor ocurrencia en el noreste (Rubio-Covarrubias *et al.*, 2006) (Figura 1).

Estos problemas fitosanitarios tienen en común la asociación con insectos vectores del orden Hemiptera y Homóptera. Dentro de estos, la familia Psillidae y Cixiidae han sido recurrentemente asociados con estas enfermedades (Cuadro 1).

Los vectores asociados a ALC, HLB y PMP tienen aparentemente una capacidad adaptativa agroclimática amplia y comportamientos migratorios a medianas y grandes distancias, lo que explica su distribución regional (López-Arroyo y Cortez, 2013; Almeyda *et al.*, 2008; Rubio-Covarrubias *et*

(Góngora-Canul *et al.*, 2004). So far, HLB has two epidemic scenarios: the Yucatan Peninsula with low epidemic intensity and marked influence of urban and rural backyards, and the Pacific watershed with high-intensity epidemics mainly affecting Mexican and Persian lime crops (Robles-González *et al.*, 2013; Flores-Sánchez *et al.*, 2012) (Figure 2). PMP is distributed across central and northern Mexico with apparently greater occurrence in the northeast area (Rubio-Covarrubias *et al.*, 2006) (Figure 1).

These phytosanitary problems have in common their association with vector insects of the order Hemiptera and Homoptera. From these, Psillidae and Cixiidae families have been concurrently associated with these diseases (Table 1).

Apparently, vectors associated with ALC, HLB and PMP have adaptive and large agroclimatic capacity and migratory behavior at intermediate and large distances, which explains their regional (López-Arroyo and Cortez, 2013; Almeyda *et al.*, 2008; Rubio-Covarrubias *et al.*, 2006; Góngora-Canul *et al.*, 2004; Pérez-Hernández *et al.*, 2004) and continental distribution (Salcedo *et al.*, 2010). Vegetative transmission has also been found in HLB and PMP, which is particularly important in HLB at nursery level and in PMP in tuber transmission with estimated 40 % for phytoplasma and 60 % for CLs in Nuevo León (Hernández-García *et al.*, 2010).

Colonization habits of these vectors (Figure 3) define a population dynamics that depends on vegetative flows, particularly for vectors associated with PMP and HLB (López-Arroyo and Cortez, 2013; Almeyda *et al.*, 2008). In ALC the dynamics depend more on precipitation and temperature factors and alternate hosts for the development of the immature stages of the insect, especially gramineae.

The migratory behavior and high populations of vectors during the inductive phenological stages explain the explosive epidemic rates with 80, 100

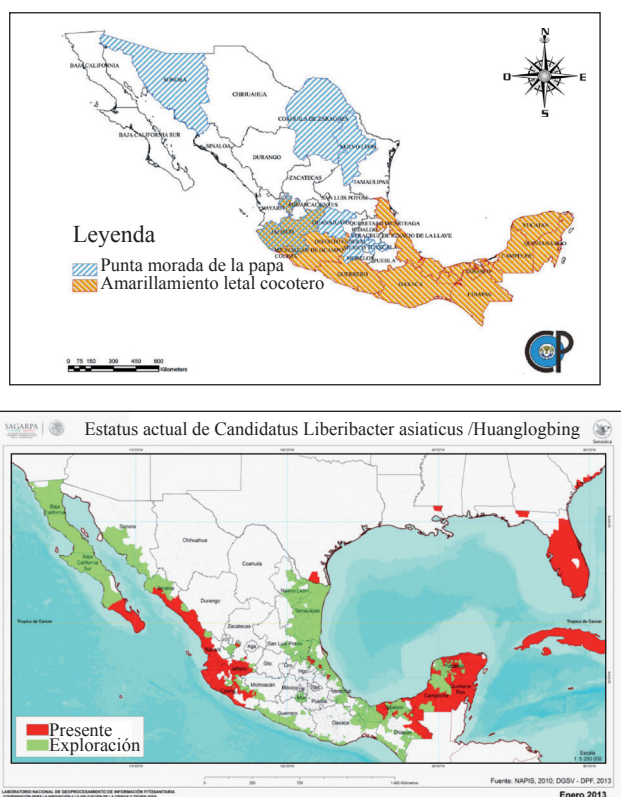


Figura 1. A) Distribución de PMP y ALC en México. Fuente: Elaboración propia y B) Distribución del HLB en México (SENASICA, Enero, 2013. GIIC, 2012).
Figure 1. A) Distribution of PMP and ALC in Mexico. Source: Prepared by author, and B) Distribution of HLB in Mexico (SENASICA, Enero, 2013. GIIC, 2012).

al., 2006; Góngora-Canul *et al.*, 2004; Pérez-Hernández *et al.*, 2004) y a nivel continental (Salcedo *et al.*, 2010). En HLB y PMP se ha comprobado además la transmisión vegetativa, siendo particularmente importante en HLB a nivel de vivero y en PMP en la transmisión por tubérculo con porcentajes estimados de 40 % para fitoplasma y de 60 % para CLs bajo las condiciones de Nuevo León (Hernández-García *et al.*, 2010).

Los hábitos de colonización de estos vectores (Figura 3) determinan dinámicas poblacionales dependientes de flujos vegetativos, particularmente en los vectores asociados con PMP y HLB (López-Arroyo y Cortez, 2013; Almeyda *et al.*, 2008). En

and 75 % final incidences (yf) for ALC, HLB and PMP, respectively (Table 2). Similarly, they show high dissemination rates. For example, at regional level, in the Yucatán Peninsula the maximum dissemination distance for ALC was 90 km/year ($r^2=0.72$) (Góngora-Canul *et al.*, 2004), while the maximum dissemination distance for HLB was 80 km/year ($r^2=0.98$) (Flores-Sánchez *et al.*, 2011) (Table 2 and Figure 4A). At plot level, ALC dissemination rates showed aggregate patterns with border and focus trends distributed across the plots with gradients between 48-312 m (Góngora-Canul *et al.*, 2004; Pérez-Hernández *et al.*, 2004) (Figure 4B). For HLB and PMP a strong border

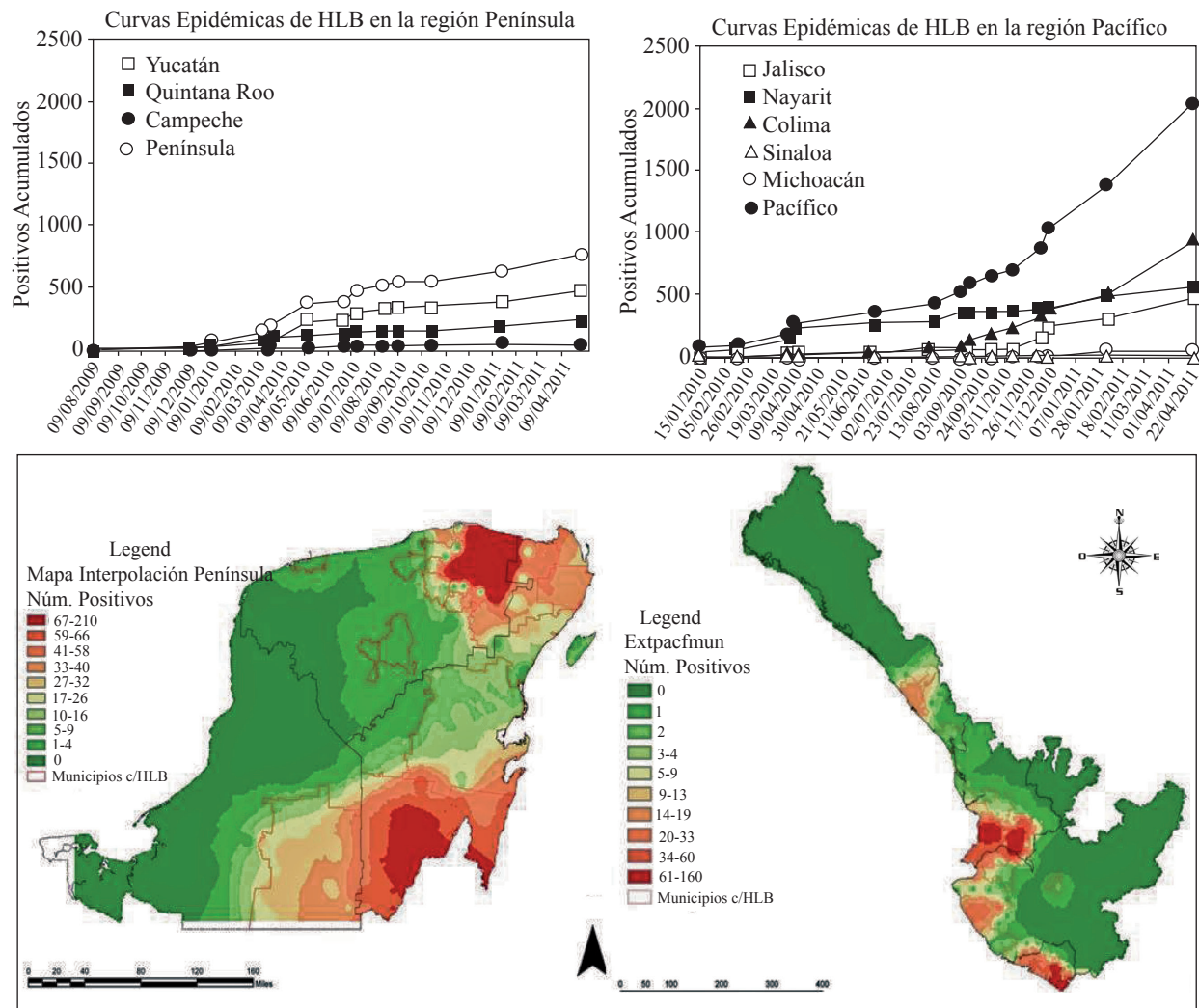


Figura 2. Escenarios epidémicos del HLB en la Península de Yucatán y Pacífico actualizada al 6 de mayo 2011. Al presente se mantiene con la incorporación de otros estados en ambas regiones (Ver Figura 1). **A)** Progreso temporal regional en tres estados y a nivel peninsular. **B)** Progreso espacial interpolado a nivel regional.

Figure 2. Epidemic scenarios of HLB in the Yucatán Peninsula and the Pacific reported up to 6 May 2011. Scenarios are currently the same with the addition of other states across both regions (See Figure 1). **A)** Temporal progress at regional level in three states and at peninsular level. **B)** Interpolated spatial progress at regional level.

el caso de ALC las dinámicas dependen más de factores de precipitación y temperatura y de la existencia de hospedantes alternos para el desarrollo de los estados inmaduros del insecto, principalmente gramíneas.

El comportamiento migratorio de vectores y poblaciones altas en etapas fenológicas inductivas,

effect is well documented with distances between 15-35 m, respectively (Robles-González *et al.*, 2013, Hernández-García *et al.*, 2010). For PMP, the border effect was found in phytoplasma and CLs.

Since 2010 the Epidemiological Surveillance Program (SINAVEF-CNRF, 2013) has increased the number of prokaryotes plagues monitored at

Cuadro 1. Características de los supuestos vectores asociados a los agentes causales de ALC, HLB y PMP.
Table 1. Characteristics of putative vectors associated with ALC, HLB and PM causal agents.

Orden	Familia	Especie	Enfermedad	Tipo de Transmisión	Transmisión transovárica
Hemiptera	Psyllidae	<i>Bactericera cockerelli</i> ²	PMP	Persistente	+
		<i>Heterospsylla texana</i> ¹	PMP	S/I	S/I
		<i>Diaphorina citri</i>	HLB	Persistente	+
	Cixiidae	<i>Myndus crudus</i>	ALC	Persistente	+
Homoptera	Cicadellidae	<i>Circulifer tenellus</i>	PMP	Persistente	S/I
		<i>Aceratagalic</i> spp. ¹	PMP	S/I	S/I
		<i>Empoasca</i> spp. ¹	PMP	S/I	S/I

S/I= Sin Información / N/I= No information.

¹ En estos vectores se ha encontrado su condición positiva por PCR pero no hay estudios de transmisión / These vectors have shown their positive condition through PCR but no transmission studies have been conducted.

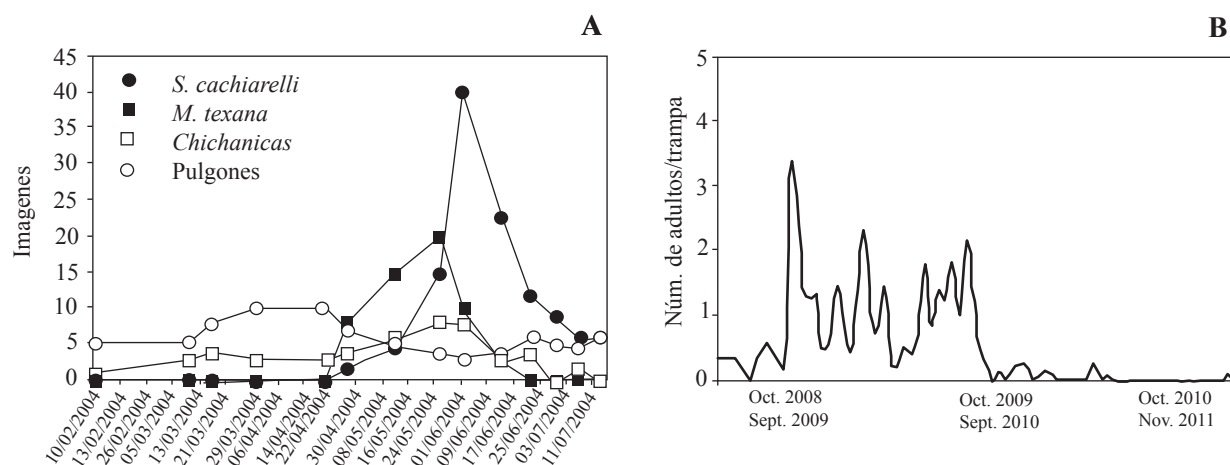
² Este vector se ha comprobado con pruebas de transmisión para el fitoplasma y únicamente se ha comprobado su propiedad positiva a CLs por técnicas moleculares / This vector has been verified using phytoplasma transmission tests and only its positive property has been verified in CLs using molecular techniques.

explican las tasas epidémicas explosivas con incidencias finales (yf) de 80, 100 y 75 % para ALC, HLB y PMP, respectivamente (Cuadro 2). Similarmente, las tasas de dispersión son altas. Por ejemplo, a nivel regional en la Península de Yucatán, la distancia máxima de dispersión de ALC fue de 90 km/año ($r^2=0.72$) (Góngora-Canul *et al.*, 2004), mientras que en HLB fue de 80 km/año ($r^2=0.98$) (Flores-Sánchez *et al.*, 2011) (Cuadro 2 y Figura 4A). A nivel parcelario, en el caso de ALC las tasas de dispersión exhibieron patrones agregados con tendencias de bordo y focos distribuidos en la parcela con gradientes entre 48-312 m (Góngora-Canul *et al.*, 2004; Pérez-Hernández *et al.*, 2004) (Figura 4B). En el caso de HLB y PMP está bien documentado un fuerte efecto de bordo con distancias entre 15-35 m, respectivamente (Robles-González *et al.*, 2013, Hernández-García *et al.*, 2010). En el caso de PMP, el efecto bordo se confirmó para el fitoplasma y CLs.

El Programa de Vigilancia Epidemiológica ha incrementado el número de plagas de origen procarionte bajo monitoreo a nivel nacional con un total de 13 plagas a partir del 2010 (SINAVEF-CNRF, 2013), lo cual sugiere la relevancia actual de los

national level with a total of 13 plagues, which suggests the current relevance of the phytosanitary problems caused by these pathogens. Specifically for ALC y HLB, due to their epidemic effects at regional level, it has been crucial for Mexico to develop official strategies to prevent and mitigate risks. Regarding ALC, actions were taken in the 90s that are included in NOM-003-FITO-1995, NOM-015-FITO-1995 and NOM-067-FITO-1999. Particular emphasis was placed on establishing a program to eradicate visually diseased plants. However, the growing epidemic rates required a change of strategy based on the integration of gradients both at plot and regional levels, and PCR detection in a sampling and eradication program based on epidemiological criteria (Mora-Aguilera and Escamilla-Bencomo, 2002). Currently, the program is focused on the general health of the crop, and regarding surveillance, special emphasis is placed on red acari (*Raoiella indica*) and red palm weevil (*Rhynchophorus ferrugineus*), but there is no monitoring of the status of ALC at national level.

For HLB, the “Acuerdo por el que se dan a conocer las medidas fitosanitarias que deberán



Cuadro 2. Parámetros epidémicos comparativos, temporales y espaciales, asociados a ALC, HLB y PMP.
Table 2. Comparative, temporal and spatial epidemic parameters associated with ALC, HLB and PMP.

Enfer.	País	y0	yf	Periodo de incubación	Distancia Dispersión (km/año)	Tasa de Dispersión /mes	Progreso Epidémico ²	Fuente
ALC	México	28.4	38.4	4 meses	150	0.8	Exponencial	Mora-Aguilera y Escamilla, 2001
	Florida	0	80	S/I	S/I	1.05	Exponencial	
	México	0	100	4 meses	80	6.13	Exponencial	
HLB	Florida	5	100	12 meses	239	34.14	Exponencial	Salcedo <i>et al.</i> , 2010
	Brasil	0	72	7 meses	150	12.50	Exponencial	
PMP	México	0	75	12-39 días	S/I ¹	S/I	S/I	Salas <i>et al.</i> , 2013; Hernández-García <i>et al.</i> , 2010

¹S/I= Sin Información / N/I= No information.

² El progreso epidémico en PMP son parcelarios; en ALC y HLB el proceso epidémico es regional / Epidemic progress of PMP at plot level; epidemic progress of ALC and HLB at regional level.

problemas fitosanitarios inducidos por estos patógenos. Específicamente en ALC y HLB sus impactos epidémicos regionales han obligado en México al desarrollo de estrategias oficiales para la prevención y mitigación de riesgos. En el caso de ALC, se implementaron en los 90's acciones enmarcadas en

aplicarse para el control del Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter spp.*) y su vector” (Agreement establishing phytosanitary measures to control Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter spp.*) and its vector (DOF, 2010) was implemented. This agreement includes certification

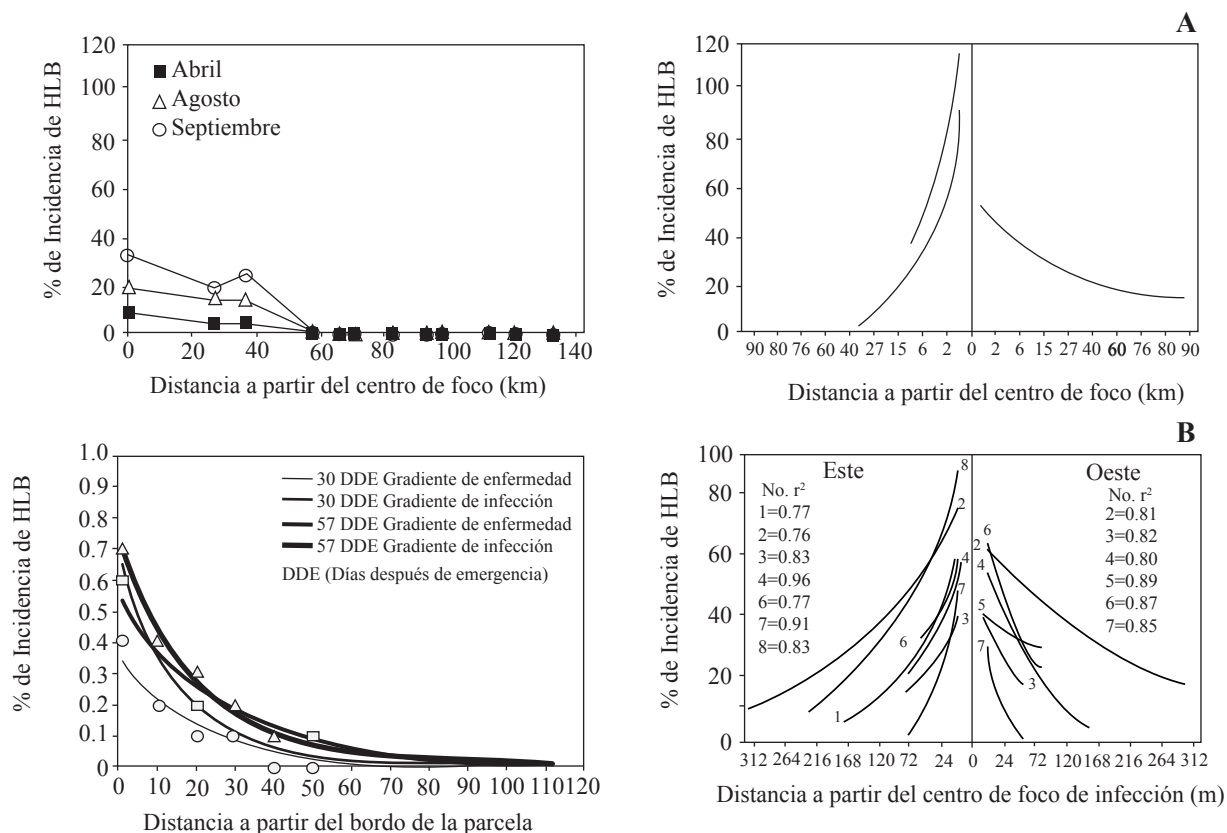


Figura 4. A) Gradiente de dispersión a nivel regional para el caso de HLB y ALC; y B) Gradiente de dispersión a nivel parcelario para el caso de PMP y ALC. Fuente: Flores-Sánchez *et al.*, 2011; Hernández-García *et al.*, 2010; y Góngora-Canul *et al.*, 2004.

Figure 4. A) Spreading gradient at regional level for HLB and ALC; and B) Spreading gradient at plot level for PMP and ALC. Source: Flores-Sánchez *et al.*, 2011; Hernández-García *et al.*, 2010; and Góngora-Canul *et al.*, 2004.

las normas NOM-003-FITO-1995, NOM-015-FITO-1995 y NOM-067-FITO-1999. El énfasis principal fue establecer un programa de erradicación de plantas visualmente enfermas. Sin embargo, las crecientes tasas epidémicas obligó a un cambio de estrategia basada en la integración de gradientes parcelarios-regionales y detección con PCR en un programa de muestreo y erradicación con criterios epidemiológicos (Mora-Aguilera y Escamilla-Bencomo, 2002). Actualmente, el programa se orienta a la sanidad general del cultivo y en materia de vigilancia se enfatiza el ácaro rojo (*Raoiella indica*) y picudo rojo (*Rhynchophorus ferrugineus*) pero

strategies for propagative plant material, sampling, diseased plants eradication; vector control and focus and positive insects' surveillance. At pilot level, in 2012, strategies coordinated by the Mexican official authorities were implemented in various states including a regional control of the vector using insecticides. The current trend is the establishment of control areas of *D. citri* at regional level (ARCOS) supported by an innovative regional monitoring program through a GPRS geopositioning system in 21 states.

There are no specific guidelines for PMP. However, there are national regulations in place

no existe un monitoreo del estatus del ALC a nivel nacional.

En el caso del HLB, se implementó el “**Acuerdo por el que se dan a conocer las medidas fitosanitarias que deberán aplicarse para el control del Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter spp.*) y su vector**” (DOF, 2010). En este se incluyen estrategias de certificación de material vegetal propagativo, muestreo, erradicación de plantas enfermas; control del vector y vigilancia de ocurrencia de focos e insectos positivos. A nivel piloto, en el 2012, se implementaron en varios estados estrategias coordinadas por el área oficial consistente en un control regional del vector con insecticidas. La tendencia actual es el establecimiento de áreas regionales de control (ARCOS) de *D. citri* apoyado en un innovador programa regional de monitoreo del vector mediante un sistema de geoposicionamiento GPRS actualmente operado en 21 entidades federativas.

Para el caso de PMP no existen directrices específicas; sin embargo, se tienen normas nacionales que regulan la producción y movilidad de tubérculos debido a otros problemas fitosanitarios (NOM-O25-FITO-2000 y NOM-O40-FITO-2001). Aunque posiblemente estas no apliquen para PMP por su actual amplia distribución nacional, sugieren la factibilidad de integrar en un marco normativo genérico este tipo de organismos en un esquema oportuno de toma de decisiones considerando que el tubérculo es un medio efectivo de dispersión del patógeno (Hernández-García *et al.*, 2010).

CONCLUSIONES

El diseño y fortalecimiento de un sistema de vigilancia es una estrategia viable para ALC, HLB y PMP. El HLB, en concordancia con su importancia en la productividad de la cadena citrícola, tiene

that rule tubers production and movement in view of other phytosanitary problems (NOM-O25-FITO-2000 and NOM-O40-FITO-2001). Although these guidelines may not apply to PMP because of its current distribution at national level, they suggest the possibility of including this kind of organisms in a generic regulatory framework as part of a proper decision-making scheme, considering that tubers are an efficient mean of spreading (Hernández-García *et al.*, 2010).

CONCLUSIONS

The design and strengthening of a surveillance system is a viable strategy for ALC, HLB and PMP. HLB, aligned with its importance for the citrus productivity chain, has currently a surveillance system for regional management through the control of the vector *D. citri*. Although for ALC and PMP diagnosis and epidemiological tools have been developed in order to implement a successful surveillance system, those tools have not been used or have been left aside. However, the potential production losses and social impacts, as well as the national phytosanitary structure formed by the network of Plant Health State Committees could contribute to this purpose. For ALC, HLB and PMP an efficient surveillance model must consider monitoring variant forms of the disease and/or species, as well as their regional prevalence based on the following strategies:

- A) Develop an efficient method to detect the major pathogenic agent mainly based on molecular methods due to its sensitivity to detect the agent in plants and vectors.
- B) Emphasis in monitoring systems for vector(s) at regional level including phenological consideration for their optimization.

actualmente un sistema de vigilancia con fines de manejo regional por medio del control del vector *D. citri*. Aunque en ALC y PMP se han desarrollado herramientas metodológicas de diagnóstico y epidemiológicas para implementar un sistema de vigilancia con éxito estas no se han aplicado o dejaron de hacerlo. Sin embargo, las pérdidas potenciales productivas y los impactos sociales, así como la estructura operativa nacional fitosanitaria conformada por la red de Comités Estatales de Sanidad Vegetal, podrían coadyuvar a ese fin. En ALC, HLB y PMP un modelo efectivo de vigilancia debe considerar el monitoreo de variantes y/o especies así como su prevalencia regional con base en las siguientes estrategias:

- A) Un método eficaz y eficiente para la detección del agente patogénico principalmente basado en métodos moleculares por su sensibilidad para operar en planta y vector.
- B) Énfasis en sistemas de monitoreo del vector(es) a nivel regional y con consideraciones fenológicas para su optimización.
- C) Incorporar la detección del agente patogénico en el vector con fines de establecimientos de planes de acción con fines preventivos o alertas tempranas para la detección.
- D) El desarrollo de estrategias de manejo mediante la generación, validación y/o transferencia de tecnologías generadas localmente o a partir de experiencias de otros países.

LITERATURA CITADA

Almeyda-León, I. H., Sánchez-Salas, J. A. y Garzón-Tiznado, J. A. 2008. Vectores causantes de la Punta Morada de la Papa en Coahuila y Nuevo León. *Agricultura Técnica en México*. 34(2): 141-150.

Cadena-Hinojosa, M. A., Guzmán-Plazola, R., Díaz-Valasis, M., Zavala-Quintana, T. E., Magaña-Torres, O. S., Almeyda-León, I. H., López-Delgado, H., Rivera-Peña, A. y Rubio-Covarrubias, O. 2003. Distribución, Incidencia y

- C) Incorporate detection of the pathogenic agent in the vector to develop action plans with preventive purposes or early alerts for detection.
- D) Develop management strategies through generation, validation and/or transference of technologies locally developed or based on experiences in other countries.

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

Severidad del Pardeamiento y la Brotación Anormal en los Tubérculos de Papa (*Solanum tuberosum*) en Valles Altos y Sierras de los Estados de México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 21: 248-259.

DOF. 2010. Acuerdo por el que se dan a conocer las medidas fitosanitarias que deberían aplicarse para el control del Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter spp*) y su vector. [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5155459&fecha=16/08/2010](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5155459&fecha=16/08/2010)

Esquivel-Chavez, F., Valdovinos-Ponce, G., Mora-Aguilera, G., Gómez-Jaime, R., Velázquez-Monreal, J., Manzanilla-Ramírez, M. A., Flores-Sánchez, J. L. y López-Arroyo, J. I. 2012. Análisis Histológico Foliar de Cítricos Agrios y Naranja Dulce con Síntomas Ocasionados por *Candidatus Liberibacter asiaticus*. *Agrociencia*. 46:769-782.

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.

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.

Góngora-Canúl, C. C., Pérez-Hernández, O., Pech-Cauich, O., Escamilla-Bencomo, J. A. y Mora-Aguilera, G. 2004. Gradientes de Diseminación del Amarillamiento Letal en Cocotero (*Cocos nucifera*) en Yucatán, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 22:370-376.

Hernández-García, V., Almeyda-León, I. H., y Frías-Treviño, A. G. 2010. Estrategias de Manejo Fitosanitario de la Punta Morada de la Papa/Zebra Chip: Caso Nuevo León

- y Coahuila. In XIII Congreso Nacional de papa. 9-11 septiembre. Tapalpa, Jalisco. México.
- López-Arroyo, J. I. y Cortez-Mondaca, E. 2013. Uso Racional de Insecticidas en las ARCOS. En: Memorias de la Reunión Nacional de Sanidad Vegetal. México, D.F. 16-19 Abril.
- Munyanza, J. E. 2012. Zebra Chip Disease of Potato: Biology, Epidemiology, and Management. Am. J. Pot. Res. 89: 239-350.
- Mora-Aguilera, G. y Escamilla, G. (Coord). 2001. Simposium Amarillamiento Letal del Cocotero. XXVIII Congreso Nacional de Fitopatología. Querétaro, México. 15-18 Julio. Compilación electrónica en CD.
- Mora-Aguilera, G. y Escamilla-Bencomo, J. A. 2002. Dispersal Potential of Lethal Yellowing of the Coconut Palm a Quarantine Disease in Mexico. pp. 128-133. In: Proceedings of the Expert Consultation on Sustainable Coconut Production through Control of Lethal Yellowing Disease. National Center of Biotechnology Information (NCBI). Consultado el 30 de Junio de 2013. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?mode=Undef&id=33926&lvl=3&keep=1&srchmode=1&unlock>
- NOM-003-FITO-1995. SENASICA-DGSV. <http://www.senasica.gob.mx/?doc=628>
- NOM-015-FITO-1995. SENASICA-DGSV. <http://www.senasica.gob.mx/?doc=612>
- NOM-067-FITO-1999. SENASICA-DGSV. <http://www.senasica.gob.mx/?doc=697>
- Oropeza, C., Escamilla, J. A., Mora-Aguilera, G., Zizumbo, D. and Harrison, N.A. 2005. Coconut lethal yellowing. 349-363 pp. In: Coconut Genetic Resources. Batugal, P., Ramanatha, V. and Oliver, J. Eds. Ed. IPGRI-APO. Malaysia.
- Pérez-Hernández, O., Góngora-Canúl, C. C., Medina-Lara, M. F., Oropeza-Salín, C., Escamilla-Bencomo, J. A. y Mora-Aguilera, G. 2004. Patrón Espacio-Temporal del Amarillamiento Letal en Cocotero (*Cocos nucifera*) en Yucatán, México. Revista Mexicana de Fitopatología. 22:231-238.
- 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.
- Rubio-Covarrubias, O. A., Almeyda-León, I. H., Ireta-Moreno, J., Sánchez-Salas, J. A., Fernández-Sosa, R., Borbón-Soto, J. T., Díaz-Hernández, C., Garzón-Tiznado, J. A., Rocha-Rodríguez, R. y Cadena-Hinojosa, M. A. 2006. Distribución de la Punta Mora y *Bactericera cockerelli* Sulc. en las principales zonas productoras de papa en México. Agricultura Técnica en México. 32(2):201-211.
- Salas-Marina, M. A., Sánchez-Arizpe, A., García-Martínez, O., Almeyda, León, I. H., Garzón-Tiznado, J. A. y Flores-Olivas, A. 2013. Eficiencia de insectos vectores en la transmisión de fitoplasmas en Papa (*Solanum tuberosum*). 00:000-000. No publicado.
- SINAVEF-CNRF. 2013. Lineamientos del Programa Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. <http://portal.sinavef.gob.mx/EpidemiologiaFitosanitariaInicio.html>