



Escenarios bioclimáticos de Huanglongbing (HLB) en cítrico en Ciego de Ávila Bioclimatic scenarios of Huanglongbing (HLB) in citrus in Ciego de Ávila

Hernández-Mansilla Alexis Augusto^{1*}, Sorí-Gómez Rogert², López-Mayea Aliana¹, Ávila-Espinosa Maita³,
Córdova-García Orlando¹, Benedico-Rodríguez Oscar¹

Datos del Artículo

¹Centro Meteorológico Provincial Ciego de Ávila, Marcial Gómez no. 401, esquina Estrada. Ciego de Ávila, Cuba.

²EphysLab, Departamento de Física Aplicada, Facultad de Ciencias de Ourense, Universidad de Vigo, Ourense, España. CP: 32004.

³Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Ciego de Ávila "Máximo Gómez Báez", Carretera a Morón km13.5, Ciego de Ávila Cuba.

*Dirección de contacto:
Centro Meteorológico Provincial Ciego de Ávila, Marcial Gómez no. 401, esquina Estrada. Ciego de Ávila, Cuba.

Alexis Augusto Hernández Mansilla
E-mail: ahmansilla@mail.com
alexis.hernandez@cav.insmet.cu

Palabras clave:

Cambio climático,
enfermedades de cítrico,
Diaphorina citri,
Candidatus Liberibacter asiaticus,
calentamiento global.

J Selva Andina Biosph.
2017; 5(2):133-143.

Historial del artículo.

Recibido abril, 2017.
Devuelto agosto 2017
Aceptado septiembre, 2017.
Disponible en línea, noviembre 2017.

Editado por:
Selva Andina
Research Society

Key words:

Climate change,
citric diseases,
Diaphorina citri,
Candidatus Liberibacter
asiaticus,
warning global.

Resumen

El clima y sus efectos sobre los procesos agrícolas son determinantes para la economía y la seguridad alimentaria. Ello justifica la necesidad de realizar investigaciones que revelen el efecto de futuras condiciones climáticas bajo Cambio Climático en el comportamiento de enfermedades de alto impacto en cultivos de importancia. El objetivo de este estudio consistió en: Interpretar escenarios bioclimáticos de la enfermedad del Huanglongbing causada por el complejo fitopatológico: *Candidatus Liberibacter asiaticus* Las- *Diaphorina citri* Kuwayama, con inclusión de *Tamarixia radiata* Waterston biorregulador de este psílido en el cultivo de cítrico para los años 2020 y 2025 en Ciego de Ávila. El trabajo se ejecutó en el Centro Meteorológico Provincial de Ciego de Ávila, mediante la utilización del Modelo Climático Regional "Precis Caribe", con datos de frontera generados por el Modelo Climático Global ECHAM – 4 para escenarios (SRES) A2 y B2. Se utilizaron valores medios mensuales de temperatura máxima y mínima y los índices limitantes para el desarrollo biológico del agente causal, su vector y su biorregulador. Los resultados indican una oscilación de la temperatura que satisface las necesidades biológicas del complejo fitopatológico *Ca. L. asiaticus*, *D. citri*, que implican prevalencia y sostenido incremento anual del desarrollo epidemiológico de elevados índices para esta enfermedad en Ciego de Ávila por efecto del Cambio Climático.

© 2017. *Journal of the Selva Andina Biosph. Bolivia. Todos los derechos reservados.*

Abstract

The climate and its effects on agricultural processes are crucial to the economy and food security. This justifies the need for research that reveals the impact of future climatic conditions under the effects of Climate Change on the behavior of high impact diseases in important crops. The aim of this study was to: Interpret bioclimatic scenarios Huanglongbing disease caused by the phytopathological complex: *Candidatus Liberibacter asiaticus* Las *Diaphorina citri* Kuwayama, including *Tamarixia radiata* Waterston bioregulator of this psyllid in citric crops for the years 2020 and 2025 in Ciego de Avila. The work was carried out at the Provincial Meteorological Center of Ciego de Ávila, using the Regional Climate Model "Precis Caribe", with boundary conditions data generated by the ECHAM 4 Global Climate Model for scenarios (SRES) A2 and B2. Monthly values of maximum and minimum temperature and the limiting indices for the biological development of the causal agent, its vector and its bioregulator were used. The results indicate a temperature oscillation that satisfies the biological needs of the plant pathogenic complex *Ca. L. asiaticus*, *D. citri*, which implies prevalence and sustained annual increase in the epidemiological development of high indexes for this disease in Ciego de Avila due to Climate Change.

© 2017. *Journal of the Selva Andina Biosph. Bolivia. All rights reserved.*

Introducción

En la actualidad el mundo afronta significativos cambios socioeconómicos que ponen en peligro la garantía de la seguridad alimentaria. Para su enfrentamiento se requiere de sistemas que proporcionen disponibilidad de alimentos para todos, dada la creciente demanda para el 2050 que exige de un aumento de un 70 % de la producción agrícola (Burney *et al.* 2010), en correspondencia con el crecimiento demográfico, los cambios en la composición de la dieta y los niveles de consumo asociados con la creciente urbanización y el aumento de los ingresos en los hogares (De Schutter 2010).

En estas circunstancias socioeconómicas, que se gestan bajo el evidente efecto del Cambio Climático, con una mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, sequías e inundaciones, y en una disminución de las precipitaciones predecibles. Se anuncian impactos en la desestabilización de los mercados, la seguridad del suministro y en el precio de los alimentos básicos (Warrington 2008, De Schutter 2010). Además de, estimaciones de una disminución de la capacidad productiva agrícola de un 3% a un 16% para la década del 2080 y una severa repercusión en las capacidades de la producción de alimentos de acuerdo a informes de Cline (2007).

El calentamiento del sistema climático es inequívoco (IPCC 2007), sus evidencias se muestran en un número significativo de cambios, y sus respuestas se investigan en los sistemas naturales y manejados, que incluyen los impactos en los ciclos estacionales y de vida (fenológicos) de las especies vegetales (Rosenzweig *et al.* 2007). Así mismo, es fundamental detectar cambios en variables climáticas claves asociadas al crecimiento de los cultivos como precipitación, temperatura, etc., que podrían afectar

severamente e impactar la producción agrícola, de amplia variación de una región a otra, así como, cambios anticipados de gran envergadura principalmente en zonas tropicales de países en desarrollo (Cline 2007).

En particular las alteraciones en la temperatura media, amenazan la capacidad de regiones enteras, especialmente las que viven de la agricultura de secano, para mantener los niveles actuales de producción agrícola (Cline 2007).

A su vez, las pérdidas de alimentos por plagas y agentes patógenos en el terreno pueden alcanzar entre un 20% y un 40% de la cosecha potencial de los países en desarrollo (PNUMA 2009). Ante lo cual, es importante considerar los efectos del cambio climático tanto sobre el desarrollo de los cultivos como su situación fitosanitaria pues son decisivos para alcanzar buenos rendimientos productivos. En cuanto a la fitosanidad de los cultivos, Altieri & Nicholls (2008) concluyen según resultados de estudios previos que los insectos plagas serán generalmente más abundantes en la medida que la temperatura aumente, correlacionados con un número de procesos, que incluyen posibilidades de extensión y cambios fenológicos, con respuestas de adaptación más rápidas para las plagas migratorias que para las plantas y ventajas de colonizar nuevos cultivos y hábitats. Estos autores señalan además, el limitado conocimiento sobre los efectos de estos cambios sobre la dinámica poblacional de cientos de especies de plagas.

En referencia a las enfermedades, los efectos del cambio climático pueden ser positivos, negativos o neutrales, en dependencia de cada región o período (Ghini *et al.* 2008). Altieri & Nicholls (2008), informaron que algunos modelos expresan como con-

secuencias del cambio climático modificaciones en las etapas y en las tasas de desarrollo de ciertos patógenos además de alteraciones de la resistencia de los hospedantes que darán lugar a cambios en la fisiología de las interacciones entre hospedante y el patógeno. Advierten de forma general, que se pueden esperar variaciones en los índices de temperatura y humedad, y llegan a predecir que muchos patógenos incrementarán su severidad y a consecuencia existirá un aumento en el uso de pesticidas químicos, costos de producción y problemas ambientales asociados al uso de agroquímicos tóxicos.

El cultivo del cítrico en Cuba, ocupa un reglón importante dentro de la economía y la alimentación del país, actualmente atraviesa por un serio problema fitosanitario como consecuencia de la presencia de agentes causantes de enfermedades de alto impacto, que ponen en juego los niveles de rendimiento y los costos de producción.

Las áreas cítrícolas en Cuba ocupan actualmente 40 mil ha, aproximadamente, distribuidas en el país, de ellas 2800 ha en la localidad de Ceballos en Ciego de Ávila con presencia de la acción nociva de uno de los fitopatógenos de mayor impacto económico para la citricultura mundial (Llauger *et al.* 2010), *Candidatus Liberibacter asiaticus* Las, agente causal del Huanglongbing (HLB). Patología que se cataloga como devastadora (Luis *et al.* 2009, Llauger *et al.* 2010) y más destructiva que la tristeza de los cítricos (Halbert 1999, Da Graca 1991, Da Graca & Korsten 2004, Halbert & Manjunath 2004), asociada al vector *Diaphorina citri* Kuwayama presente desde 1999 (González *et al.* 2007, González *et al.* 2008).

La incidencia de ambos organismos en los cítricos, son hoy, una amenaza para el futuro de esta fruta en el país y otras regiones del mundo.

La necesidad de enfrentar estas situaciones fitosanitarias mediante la utilización de formas efectivas de manejo de plagas y la oportunidad que brinda el análisis de los impactos potenciales del cambio climático sobre las enfermedades de las plantas, son esenciales para la adopción de medidas de resiliencia, así como para el desarrollo de cultivares resistentes, nuevos métodos de control o las técnicas adecuadas, para evitar pérdidas más graves (Chakraborty & Pangga 2004, Ghini 2005), que contribuyen a la salvaguarda de los rendimientos de esta fuente de alimento y con ello a la seguridad y soberanía alimentaria.

Estas consideraciones promueven el desarrollo de investigaciones sobre la base de la construcción de escenarios bioclimáticos que vinculen los problemas fitosanitarios de los cultivos mediante el empleo de Modelos Regionales autorizados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático de la Organización de Naciones Unidas.

Constituye pues, el objetivo del presente trabajo: Interpretar escenarios bioclimáticos de la enfermedad del Huanglongbing causada por el complejo fitopatológico: *Candidatus Liberibacter asiaticus* Las *Diaphorina citri* Kuwayama, con inclusión de *Tamarixia radiata* Waterston biorregulador de este psílido en el cultivo de cítrico para los años 2020 y 2025 en Ciego de Ávila.

Materiales y métodos

El presente trabajo forma parte de un estudio realizado en el Centro Meteorológico Provincial de Ciego de Ávila, sobre la base de la confección de escenarios bioclimáticos fenológicos y de agentes nocivos que afectan los sistemas agrícolas, en este caso para la enfermedad de alto impacto denominada HLB que afecta el cultivo de los cítricos. Se em-

plearon datos diarios de temperatura, obtenidos del Modelo Climático Regional PreciS-Caribe, que a su vez utilizó datos de frontera generados por el Modelo Climático Global ECHAM-4 (PreciS Caribe 2010) para escenarios (SRES) de altas concentración de CO₂ en atmósfera A2 y baja concentración B2.

Se seleccionaron los años 2020 y 2025 para predecir estas enfermedades a plazos operativos; contribuir a evitar pérdidas productivas en la agroindustria y por dar utilidad práctica a los resultados. Además, con la finalidad de tener conocimiento del desarrollo futuro de la enfermedad, el vector y sus biorregulador y poder decidir medidas de manejo fitosanitario que a su vez permitan el enfrentamiento al cambio climático y faciliten la resiliencia de este agroecosistema de especial importancia para Ciego de Ávila.

Escenarios bioclimáticos 2020 y 2025. Manejo de datos y procedimiento. En la confección de los escenarios, se concibió la incorporación del vector y el biorregulador natural del mismo, para así considerar todos organismos que están asociados a la distribución y prevalencia de la enfermedad en el cultivo.

Temperatura (°C). Se emplearon valores de temperatura máxima y mínima modelados que debido a la resolución de las salidas se interpolaron para la región de estudio mediante un análisis de regresión. Se utilizaron salidas para cuatro grid adyacentes a la zona central de Ciego de Ávila, donde se ubica la Empresa citrícola de Ceballos, localizados en las coordenadas: (22.0° N, 79° W), (22.0° N, 78.5° W), (21.5° N, 79° W), (21.5° N, 78.5° W), en correspondencia con los datos de referencia de las observaciones meteorológicas de la Estación Meteorológica 78346 “Venezuela” del período 1991-2010, que permitió obtener un polinomio interpolador según

criterios de Mitas & Mitasova (1999). De esta forma no solo se realizó la interpolación de los datos, sino que además se ajustó a la varianza explicada de los datos modelados respecto a los registrados y obtener con ello una mejor confiabilidad. Además se analizó el comportamiento temporal de los datos según las condiciones climáticas de Ciego de Ávila y Cuba mediante los criterios de Lecha *et al.* (1994).

Posteriormente, se graficaron los escenarios con las curvas predictivas para cada variable por meses y se señalaron los rangos de temperaturas limitantes para el desarrollo de cada organismo biológico. En el caso de *Ca. L. asiaticus*, se empleó un intervalo de 27 a 32 °C, criterios de Coelho & Marques (2002); para *D. citri* se enmarcó entre 22 y 29 °C, referencias de Atwal *et al.* (1968), y para el biorregulador de este psílido, *T. radiata*, temperaturas entre 20 y 30 °C como mejores para la fecundidad según informes de Fauvergue & Quilici (1991), se incluye por su amplia distribución en el país y su importante papel en el control natural de *D. citri*, dado por su especificidad y efectividad en el parasitismo de los estadios ninfales N3, N4 y N5 (30.72% a 97.26%) (González *et al.* 2007).

Resultados

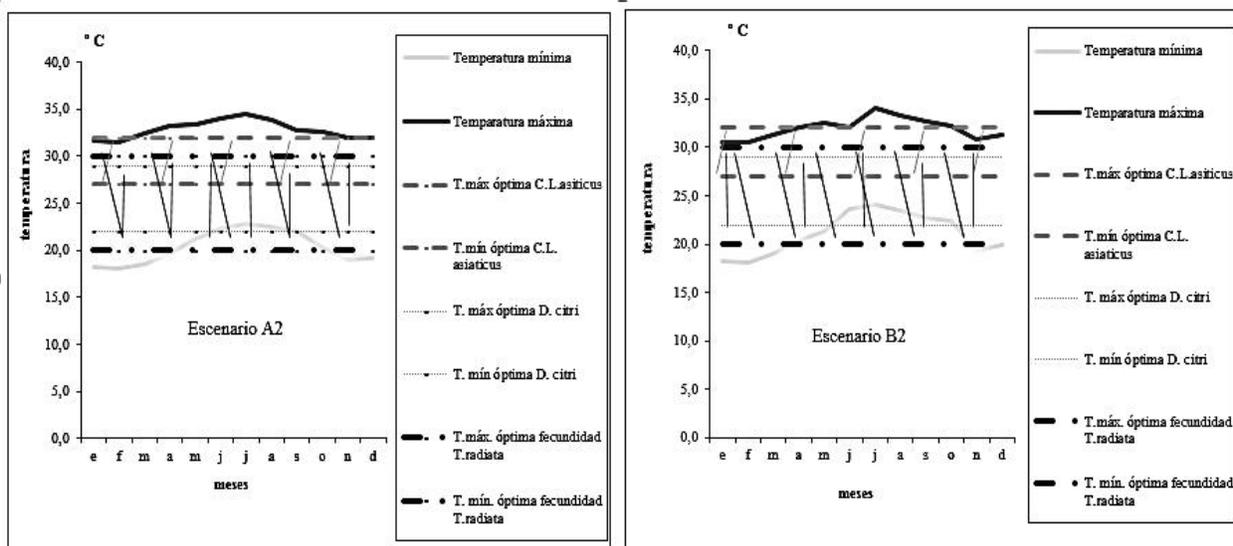
En la (Figura 1 y 2), se muestran los escenarios de las condiciones de temperatura máxima y mínima esperadas para los años 2020 y 2025, y representados con los requerimientos biológicos de temperatura para el desarrollo de *Ca. L. asiaticus*, *D. citri* y *T. radiata*; lo que permitirá consolidar información para advertir los efectos del cambio climático sobre esta enfermedad y su repercusión en la producción citrícola del territorio.

La Figura 1, muestra las condiciones de temperatura bajo escenarios A2 (derecha) y B2 (izquierda). Es-

tos predicen valores para esta variable que implicarán condiciones favorables para la distribución,

desarrollo y prevalencia de HLB, específicamente para *Ca. L. asiaticus* para todos los meses del año.

Figura 1 Escenarios bioclimáticos de las condiciones de temperatura para el desarrollo de *Candidatus Liberibacter asiaticus*, *Diaphorina citri* y *Tamarixia radiata* por efecto del Cambio Climático en Ciego de Ávila. Año 2020. A2 (derecha) y B2 (izquierda)



Bajo las condiciones de SRES A2 se presentará un incremento apreciable de los valores extremos máximos de la temperatura en relación con la condición B2, que limitarán el desarrollo de la bacteria durante los meses de marzo a octubre, muy a pesar de que la oscilación térmica favorece su desarrollo durante todo el año, algo diferente para la condicionante B2, pues se acorta el período de temperaturas extremas mínimas desfavorables, de abril a octubre, oportunidad que favorece el incremento de la enfermedad, al disponer de mayor tiempo con condiciones para su desarrollo.

En cuanto al vector *D. citri*, los escenarios exponen un amplio período del año favorable para su desarrollo de acuerdo a la amplitud térmica, esto permitirá la transmisión y una distribución de la bacteria con coincidencias tanto para las situaciones A2 y B2, salvo las limitaciones que ofrece la incidencia de la temperatura máxima en este caso en todo el

período anual, algo diferente a los valores extremos mínimos que solo limitan durante mayo a septiembre y abril a octubre para ambos escenarios A2 y B2.

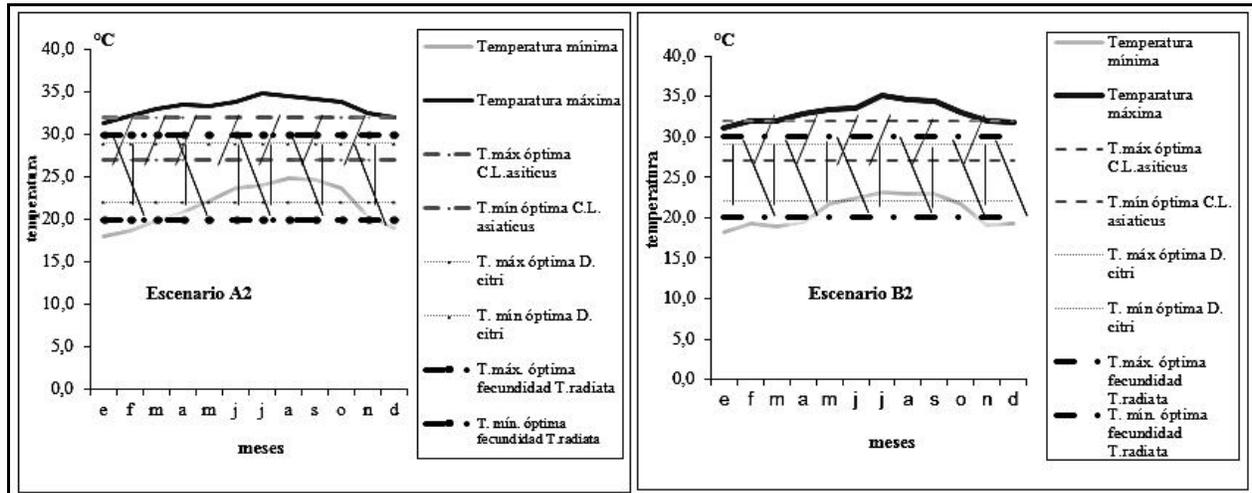
Para *T. radiata* la temperatura máxima limitará durante todo el año, mientras las mínimas solo podrán afectar su desarrollo de abril a octubre (A2) y de abril a noviembre (B2), independientemente que las oscilaciones térmicas de la temperatura de forma general favorecerán el incremento de las garantías de la actividad reproductiva de este biorregulador durante gran parte del año.

La Figura 2, muestra a semejanza de las anteriores una oscilación térmica que favorece todo el año el desarrollo de HLB, con temperatura máxima limitante entre los meses de febrero a noviembre tanto en situación A2 como B2, solo se observan diferencias en los valores extremos de temperatura en el período de enero a mayo y de noviembre a diciem-

bre en la condición A2, ya que en el caso de la condición B2 se incluye el mes de abril como limitante

para el desarrollo de la enfermedad.

Figura 2 Escenarios bioclimáticos de las condiciones de temperatura para el desarrollo de *Candidatus Liberibacter asiaticus*, *Diaphorina citri* y *Tamarixia radiata* por efecto del Cambio Climático en Ciego de Ávila. Año 2025. A2 (derecha) y B2 (izquierda)



D. citri, presenta condiciones similares respecto a amplitud térmica en ambos escenarios, salvo las limitaciones que imponen los valores máximos durante el año y mínimos del período de enero a mayo y de noviembre a diciembre.

T. radiata con oscilación térmica favorable en el año, pero con valores extremos máximos que limitarán su fecundidad durante todos los meses, mientras los mínimos correspondientes al período lluvioso de mayo a octubre serán favorables.

Discusión

Los resultados que muestran los escenarios bioclimáticos sobre las posibilidades de desarrollo para Huanglongbing son discutibles sobre la base de los requerimientos biológicos de temperatura que poseen cada uno de los organismos en estudio, los escenarios enmarcan las bandas de oscilación térmica de cada uno, en los cuales se delimitan tempo-

ralmente los meses en que pueden existir temperaturas favorables para su desarrollo, y se definen como favorables para la enfermedad en Ciego de Ávila durante los años futuros para 2020 y 2025 (Figuras 1 y 2), sobre la base de la incidencia de temperatura entre 27 °C y 32 °C capaces de proporcionar el óptimo desarrollo de *Ca. L. asiaticus* de acuerdo a referencias de Coelho & Marques (2002).

Se hacen reflexiones a partir de los parámetros de Atwal *et al.* (1968) para *D. citri*, que refieren índices de temperatura entre 22 a 29 °C, buenos para su desarrollo y que limitan su ciclo a 10 y a 33 °C. El modelo biológico de esta especie, según estudios en Cuba, se caracteriza por un tiempo de transición de huevo a adulto de 16 a 17 días a 25 °C (Fernández & Miranda 2005) y una longevidad promedio para la hembra de 39.6 a 47.5 días, con la característica particular de que pueden vivir por varios meses hasta que llegue el período de brotación de las plantas hospedantes (Etienne *et al.* 2001). Igualmente

este mismo índice de temperatura (25 °C), se referencia como condición climática asociada con la demora de solo 4 días para la eclosión (Chiou-Nan 1998, Liu & Tsai 2000), además de considerar que puede ocurrir una oviposición de ocho huevos diarios, con un desarrollo ninfal entre 11 y 15 días (EPPO 2007).

También, es importante considerar desde el punto de vista epidemiológico los antecedentes de una amplia distribución en el país, de ser un excelente vector de específica relación con *Ca. L. asiaticus*, y con un amplio desarrollo poblacional asociado a la brotación de las plantas. Resultados en la zona de Ceballos advierten que los valores máximos coinciden con la etapa de mayor brotación en los meses de febrero marzo, como ocurre en otros estudios en diferentes regiones del país (González *et al.* 2008), consideraciones que permiten la posibilidad de una alta prevalencia futura de HLB y que impone la necesidad de afianzar el manejo para esta enfermedad.

Respecto a el efecto potencial del cambio climático sobre el desarrollo de HLB, se señala un incremento en la severidad de la enfermedad en las plantaciones de cítrico en las regiones tropicales a causa de los aumentos poblacionales de *D. citri*, información documental de Ghini *et al.* (2011).

No obstante, al papel biorregulador que ofrece *T. radiata*, sobre *D. citri*, está sujeto a un amplio margen de valores de la temperatura; se refieren índices entre 20 y 30 °C como mejores para la fecundidad, según informes de Fauvergue & Quilici (1991). Estas condiciones de temperatura garantizan su proliferación en las áreas y con ello mayores posibilidades para la biorregulación del vector que coadyuvan a la reducción de la prevalencia de la enfermedad. Aunque en comparación con el modelo de biológico de *Ca. L. asiaticus*, los parámetros térmi-

cos son disímiles y por tanto, existirán períodos en los cuales el desarrollo de la bacteria mostrará ventajas ante el biorregulador de su vector y viceversa. Es importante destacar que la presencia de las condiciones de temperatura en los futuros escenarios, garantizarán el desarrollo de *Ca. L. asiaticus* y de *D. citri*, lo cual exige cumplir estrictamente con la “Estrategia de Manejo de HLB Propuesta en Cuba”, que incluye la siembra con material de propagación certificado, control de las poblaciones del vector y la eliminación de las plantas enfermas (Llauger *et al.* (2010). Actualmente esto se aplica con éxito en las áreas de cítrico en el país, con el objetivo de garantizar buenas producciones y evitar el alto impacto económico a la citricultura por esta peligrosa enfermedad.

En cuanto al manejo fitosanitario en condiciones de cambio climático es oportuno considerar la necesidad de aplicar un enfoque a “Agricultura climáticamente inteligente” (FAO 2010) y de introducción y estabilización de principios y bases agroecológicas (Nicholls 2013) que contribuyan con la lucha contra la enfermedad y que coadyuve la mitigación y adaptación al calentamiento global. La aplicación de medidas de lucha fitosanitaria a través de incremento de medios biológicos, el fomento de biorreguladores asociados al establecimiento y desarrollo de la biodiversidad auxiliar, la utilización de corredores biológicos (Vázquez 2013) son fundamentales como principios agroecológicos que pueden contribuir a un mejor control de la enfermedad y a una reducción en el empleo de plaguicidas químicos, con directa contribución a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Es importante destacar que el manejo de la biodiversidad, mediante su aumento y de conjunto con la reducción de monocultivo puede favorecer ampliamente la disminución de la distribución y de la pre-

valencia de la enfermedad en las áreas de cítrico, el empleo de mosaicos de cultivos, asociaciones de diferentes especies y otros principios agroecológicos pueden fortalecer la resiliencia socioecológica del agroecosistema citrícola y con ello la eficiencia de la lucha contra el HLB.

Se conoce que de forma general la explotación convencional del sistema citrícola facilita la distribución del vector, lo cual constituye un elemento importante sobre el que debe trabajarse en virtud de establecer sistemas agroecológicos mediante reconversión sobre la base del incremento de la biodiversidad para el establecimiento de sistemas más complejos y resilientes que a su vez son una buena oportunidad para ejercer mitigación y adaptación al cambio climático. Los principios agroecológicos son fundamentales como salvaguarda de los agroecosistemas y constituyen una vía segura y efectiva para el enfrentamiento al cambio climático (Altieri & Nichols 2013). Semejante criterio expresa De Schutter (2010) quien reconoce y valora la agroecología como una de las salidas de mayor importancia para enfrentar y garantizar la seguridad alimentaria. Conclusivamente, la interpretación de los escenarios bioclimáticos mostrados en este trabajo informan la probabilidad de la manifestación de condiciones propicias de temperatura para el desarrollo epidemiológico de la enfermedad de alto impacto HLB en los Cítricos de Ciego de Ávila para los futuros años 2020 y 2025 por efecto del cambio climático.

Ante esta situación, se prevé la elevación sistemática del costo fitosanitario, pérdidas de rendimiento en sistemas citrícolas convencionales y afectaciones de extremo impacto en los sistemas orgánicos que se encuentren bajos las condiciones climáticas previstas de no ser estrictos en el cumplimiento de los programas de defensa elaborados para enfrentar el HLB, que instrumentan el manejo integrado me-

dante la búsqueda de materiales de propagación resistentes y certificados, el manejo de las plantaciones, la eliminación de las plantas enfermas y vectores, la optimización de los tratamientos mediante advertencias bioclimáticas y el empleo de la lucha biológica, la biodiversidad en función de incrementar la complejidad del sistema productivo, mediante la utilización de las consideraciones tecnológicas de una *Agricultura Climáticamente Inteligente*, y los aportes técnicos y ventajas que ofrece la agroecología, ciencia de fuerte contribución a la resiliencia socioecológica, a la mitigación y a la adaptación al cambio climático.

Conflictos de intereses

Los autores han cumplido las normas éticas de publicación, y no generan conflicto de interés en la presente investigación.

Agradecimientos

Agradecemos al Centro de Física de la Atmósfera y al Centro de Meteorología Agrícola, en especial a los investigadores Dr. C Oscar Solano y el M Sc. Ramsés Vázquez por facilitar el acceso al Modelo Regional "Precis Caribe" y el Modelo Global ECAHAM 4, que hicieron posible la elaboración de los escenarios bioclimáticos del presente trabajo.

Literatura citada

- Altieri MA, Nicholls CI. Agroecología y resiliencia al cambio climático: principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología* 2013;8(1):7-20.
- Altieri MA, Nicholls CI. Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y

- de agricultores tradicionales y sus respuestas adaptativas. *Agroecologia* 2008;3:7-28.
- Atwal AS, Chaudhary JP, Ramzan M. Studies on the development and field population of citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama (Psyllidae: Homoptera). *J Res Punjab Agric Univ* 1968;7: 333-8.
- Burney JA, Davis SJ, Lobell DB. Greenhouse gas mitigation by agricultural in-tensification. *Proc Natl Acad Sci* 2010;107:12052-7.
- Chakraborty S, Pangga IB. Plant disease and climate change. In: Gillings M, Holmes A. (Eds.). *Plant microbiology*. London: BIOS Scientific; 2004. p. 163-80.
- Chiou-Nan Ch. Ecology of the Insect Vectors of Citrus Systemic Diseases and Their Control in Taiwan. FFTC Publication Database; 1998. [Consultado: 20 Sep 2008]. Disponible en: <http://www.agnet.org/library/eb/459a/>.
- Cline WR. Global warming and agriculture. Impact estimates by country, Washington: Centre for Global Development; 2007.
- Coelho MV, Marques A. "Citrus greening" Uma bacteriose quarentenária que representa ameaça potencial à citricultura brasileira. Comunicado Técnico 58. Ministerio da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; 2002.
- Da Graca J V. Citrus greening disease. *Annu Rev Phytopathol* 1991;29:109-36.
- Da Graça JV, Korsten L. Citrus huanglongbing: review, present status and future strategies. In: SAMH Naqvi (Ed.). *Diseases of Fruits and Vegetables*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. The Netherlands; 2004. p. 229-45.
- De Schutter O. Promotion and protection of all human rights, civil, political, economic, social and cultural rights, including the right to development. Report submitted by the Special Rapporteur of UNESCO on the right to food, Olivier De Schutter [Internet]. New York: United Nations General Assembly; 20 Dic 2010. Sixteenth session. Agenda item 3 [citado 10 Abr 2016]. Disponible en: http://www.srfood.org/images/stories/pdf/officialreports/20110308_a-hrc-16-49_agroecology_en.pdf.
- Eppo. Database on Quarantine pest. *Diaphorina citri*. 2007: (On línea). Disponible en: http://www.eppo.org/Quarantine/insects/Diaphorina_citri/DIAACI_ds.pdf. [Consulta: 20-9-12].
- Étienne J, Quilici S, Marival D, Franck A. Biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Guadeloupe by imported *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). *Fruits* 2001;56(5):307-15.
- Fauvergue X, Quilici S. Étude de certains paramètres de la biologie de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae), ectoparasitoïde primaire de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), vecteur asiatique du greening des agrumes. *Fruits* 1991;46(2):179-85.
- Fernández M, Miranda I. Comportamiento de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Parte III: Relación entre el ciclo de vida y el brote vegetativo foliar. *Rev Protección Veg* 2005;20(3):161-4.
- Ghini R, Bettiol W, Hamada E. Diseases in tropical and plantation crops as affected by climate changes: current knowledge and perspectives. *Plant Pathol* 2011;60(1):122-32.
- Ghini R, Hamada E, Bettiol W. Climate change and plant diseases. *Sci Agric (Piracicaba Braz)* 2008;65(spe):98-107.
- Ghini R. Mudanças climáticas globais e doenças de plantas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente; 2005. p. 104.

- González C, Gómez M, Fernández M, Hernández D, Tapia JL, Batista L. *Diaphorina citri* Kuw. (Hemiptera: Psyllidae), behaviour and natural enemies in Cuban citriculture. Program and Abstracts of the XVII IOCV, Adana, Turkey; 2007. p. 180.
- González C, Hernández D, Rodríguez JL, Pérez L, Fernández M. La psila asiática de los cítricos (*Diaphorina citri* Kuwayama) (Hemiptera:Psyllidae) en cítricos de Cuba. Resúmenes. Fitosanidad 2008;12(4):237.
- Halbert S E. Asian citrus psyllid- A serious exotic pest of Florida citrus. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry, University of Florida. 1999. Disponible en: <http://doacs.state.fl.us/~pi/enpp/ento/dcitri.htm>
- Halbert S, Manjunath K. Asian citrus psyllids (*Sternorrhyncha: Psyllidae*) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. Fla. Entomol 2004;87(3):330-53.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra: IPCC; 2007.
- Lecha L, Paz L, Lapinel B. El clima de Cuba. La Habana, Cuba: Editorial Academia; 1994. p. 186.
- Liu YH, Tsai H. Effect of the temperature on biology and life table parameters of the Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). Ann Appl Biol 2000;137:201-16.
- Llauger R, Luis M, Collazo C, Peña I, González C, Batista L, et al. Huanglongbing y su vector en Cuba. Epidemiología y manejo. CitriFrut 2010;27(2):3-14.
- Luis M, Collazo C, Llauger R, Blanco E, Peña I, López D, et al. Occurrence of Citrus Huanglongbing in Cuba and association of the disease with *Candidatus Liberibacter asiaticus*. J Plant Pathol 2009;91(3):709-12.
- Mitas L, Mitasova H. Spatial Interpolation. In: Longley P, Goodchild MF, Maguire DJ, Rhind DW (Eds.), Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications, Wiley; 1999. p. 481-92.
- Nicholls CI. Enfoques agroecológicos para incrementar la resiliencia de los sistemas agrícolas al cambio climático. En: Nicholls C I, Ríos L A, Altieri M A. (Ed.). Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático. Medellín, Colombia: REDARES-CYTED-SOCLA; 2013. p. 18-30.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. Agricultura climáticamente inteligente. Políticas, prácticas y financiación, para la seguridad alimentaria, adaptación y mitigación. Roma (Italia): FAO; 2010. p. 46.
- Precis Caribe. Proyectando el Cambio Climático en el Caribe con el Modelo Climático HADRM. Instituto de Meteorología. República de Cuba. 2010. en: Web Precis Caribe. Disponible en: <http://precis.insmet.cu/datos.html>.
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), The environmental Food crisis-The environment's role in averting future food crises; 2009. p. 27.
- Rosenzweig C, Casassa G, Karoly DJ, Imeson A, Menzel A, Rawlins S, et al. Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems. En Parry ML, Canziani OF,

Palutikof JP, van der Linden PJ, Hanson CE, editores. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Internet]. Cambridge: Cambridge University Press; 2007 p. 79-131. [citado 10 Abr 2016]. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter1.pdf>.

Vázquez L. 2013. Resiliencia de fincas ante afectaciones por organismos nocivos en sistemas agrícolas expuestas a sequía y ciclones tropicales. En: Nicholls C I, Ríos L A, Altieri M A. (Eds). Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático. Medellín, Colombia: REDARES- CYTED-SOCLA; 2013. p. 77-94.

Warrington J. Climate Change and Horticulture. News From the Board. International Society for Horticultural Science (ISHS). Chron Horticult 2008;48(1):1-2.
