

Impacto potencial del cambio climático sobre las plagas de bananos y plátanos en Cuba

An appraisal of climatic change impact on banana and plantain pests in Cuba

Luis Pérez-Vicente y Ángela Porras

Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Ministerio de Agricultura. Gaveta 634, 11300, Miramar, Playa, La Habana, Cuba, lperezvicente@inisav.cu

RESUMEN

Los bananos y plátanos son cultivos de importancia tanto económica como para la sostenibilidad alimentaria en Cuba. Las plagas de las musáceas limitan los rendimientos y causan el aumento de los costos de producción. Con los modelos ECHAM5/MPI y HADCM3 y el Sistema de Modelaje Climático Regional PRECIS, se estimaron las anomalías de la temperatura máxima, media y mínima diarias, de la humedad relativa (Hr) y lluvia para los escenarios A2 and B2, para 2030 y 2060 en 24 sitios del país. Los escenarios esperados A2 y B2 para 2030 y 2060 comprenden anomalías de temperaturas en el rango de +2,31 a +2,8 °C, reducción de la Hr media, alargamiento de la estación seca junto a periodos de sequía y disminución de la lluvia anual. Bajo estos escenarios la temperatura será más favorable para el desarrollo de sigatoka negra (SN) entre diciembre y marzo, cuando las bajas temperaturas son usualmente desfavorables en la mayoría de los sitios. Simultáneamente, las más bajas Hr y lluvias reducirán los periodos favorables para el desarrollo de SN y otros patógenos foliares. La incidencia de *Colletotrichum musae*, *Fusarium semitectum*, *Corynespora torulosa* y otros patógenos fungosos dependientes de altas Hr y lluvias para la esporulación, dispersión e infección, tendrán condiciones menos favorables para el desarrollo, aunque su incidencia está más relacionada a las prácticas culturales pre y poscosecha que a los cambios climáticos. Las temperaturas serán más desfavorables para *Pentalonia nigronervosa*, *Aphis gossypii* y *Myzus persicae*, aunque en las condiciones más secas, en general los áfidos y pseudocócidos vectores de CMV y BSV, respectivamente, tendrán mejores condiciones para la dispersión y transmisión de virus. Las condiciones más secas contribuirán a incrementar las poblaciones de *Frankliniella* spp., *Chaetanophothrips* spp., y los ácaros *Tetranychus tumidus* y *Raoiella indica* y sus daños.

Palabras claves: Modelos climáticos, sigatoka negra, virus, thrips, áfidos, patógenos de los frutos.

ABSTRACT

Banana and plantains are important crops in economic terms as well as for food sustainability in Cuba. *Musa* spp. Pests limit yields and causes rising of production costs. With the models ECHAM5/MPI, HADCM3 and the Climatic Regional Modelling System PRECIS where estimated the anomalies of daily maximal, media and minimal temperature, of relative humidity (RH) and rain for A2 and B2 sceneries for the years 2030 and 2060 in 24 sites of the country. The expected sceneries A2 and B2 for 2030 and 2060, comprise temperatures anomalies in the range of +2.31 to +2.8 °C, reduction of median RH, a lengthiness of dry season with periods of drought and reduction of annual rainfall. Under this sceneries, temperature will be more favorable to black Sigatoka disease (BSD) development between December and March, when historically low temperatures were usually unfavorable to the disease in most of sites. Simultaneously, lower RH and rains will reduce the favorable periods for BSD and other foliar plant pathogens. Incidence of *Colletotrichum musae*, *F. semitectum* and *Corynespora torulosa* and other fungal plant pathogens dependent of high RH and rains for sporulation, dispersal and infection will have less favorable conditions for development, even when their incidence are more related to pre and postharvest cultural practices than to climatic changes. Temperatures will be more favorable to *Pentalonia nigronervosa*, *Aphis gossypii* and *Myzus persicae*, although due to drier conditions in general aphids and pseudococcids vectors of CMV and BSV respectively will have better conditions to viruses dispersal and transmission. Dry conditions will contribute to increment *Frankliniella* spp., *Chaetanophothrips* spp., as well as *Tetranychus tumidus* and *Raoiella indica* mite's populations and their damages.

Key words: Climatic models, black sigatoka, virus, thrips, aphids, fruit pathogens.

INTRODUCCIÓN

Los bananos y plátanos (*Musa* spp.) se originaron en Asia. Están entre los principales alimentos de la dieta diaria de millones de personas en los cinco continentes.

El banano es la fruta más importante en el comercio internacional con una producción mundial de aproximadamente 71 millones de toneladas, de las cuales

35 millones son producidos en Latinoamérica en algo más de 2 millones de ha. El comercio actual de bananos Cavendish supera los 8900 millones de USD [Lescot, 2015]. La superficie cultivada en Cuba en 2009 fue de 106 419 ha, de las cuales el 64 % fue de clones de cocción, cuya producción representó el 20 % de la producción total de papas, malangas, yuca, boniato, etc. [ONE, 2009], mientras que la superficie cultivada de bananos tipo postre en ese mismo año fue solo ligeramente superada por las de naranjas y mangos. En 2014 los datos de una encuesta de superficie de bananos cultivados en el país arrojó una superficie total de 179 000 ha (datos no publicados) [Sanidad Vegetal. Ministerio de Agricultura de Cuba, 2014].

El Cuarto Reporte de Evaluación del Panel Internacional de Cambio Climático (IPCC) documentó los cambios climáticos en desarrollo y futuros, así como los eventos extremos de clima (largos períodos de sequía, lluvias intensas con inundaciones y huracanes de gran intensidad) causado por el impacto de la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera [IPCC, 2007]. En conjunto, el cambio climático previsto tendrá un efecto negativo en los rendimientos de los cultivos alimentarios, particularmente en ausencia de esfuerzos para mitigar las emisiones globales de CO₂ [Luck *et al.*, 2011]. Las investigaciones en desarrollo sugieren que mientras muchos cultivos pueden responder positivamente a concentraciones incrementadas de CO₂ atmosférico, los efectos asociados de temperaturas altas y patrones alterados de precipitaciones podrán tener un efecto sobre el desarrollo de las plagas y su impacto en los rendimientos.

En Cuba hay dos estaciones climáticas bien definidas, una seca y fría, desde mediados de noviembre hasta mayo, y otra caliente desde mediados de mayo a noviembre. Las temperaturas más bajas se registran entre diciembre y febrero, y las más bajas humedades relativas y lluvias entre marzo y abril.

Las plagas de las musáceas limitan la productividad y calidad de la fruta. En Cuba las principales plagas que afectan *Musa* spp. son [Pérez-Vicente, 2003]: sigatoka negra (SN) causada por *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, la marchitez por *Fusarium* o mal de Panamá por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (E. F. Smith) Snyder & H.N. Hansen (*Foc*), los patógenos de pre y poscosecha *Corynespora torulosa* (Syd.) Crous, *Colletotrichum musae* (Berk.

& M.A. Curtis) Arx, *Fusarium semitectum* (Cooke) Sacc., y *Musicillium theobromae* (Turconi) Zare & W. Gams, las pudriciones de rizoma y pseudotallos por *Dickeya paradisiaca* [Fernandez-Borrero y Lopez-Duque, 1970; Samson *et al.*, 2005], los virus *Cucumis mosaic cucumovirus* (CMV) y *Banana streak badnavirus* (BSV), el nemátodo *Radopholus similis* (Cobb) Thorner, el picudo negro *Cosmopolites sordidus* Germar, los ácaros *Tetranychus tumidus* Banks y *Raoiella indica* Hirst y los trips de las flores y de mancha roja *Frankliniella parvula* Hood y *Chaetanaphothrips signipennis* (Bagnall), respectivamente.

El presente informe es una primera estimación de los impactos de las anomalías climáticas futuras determinadas por diferentes Modelos Globales de Cambio Climático (MGC) del IPCC sobre las principales plagas de las musáceas en Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos de los escenarios climáticos simulados por Centella (2011) con los MGC de la IPCC, ECHAM5/MPI-OM (Max Planck Institute for Meteorology, Alemania), HADCM3 (Hadley Centre for Climate Prediction and Research, Meteorological Office, Reino Unido) y el Hadley Centre Regional Climate Modelling System Precip, versión 1.6.1 [Wilson, 2008] fueron usados para determinar las anomalías de temperatura, Hr y lluvia, para los escenarios A2 y B2 [Special Report on Emission Sceneries, IPCC, 2005] en 2030 y 2060, para los sitios Los Palacios, Alquizar, Güira de Melena y Güines en la provincia de Artemisa, Martí, Jovellanos y Colón en Matanzas, Sagua la Grande y Remedios en Villa Clara, Juraguá en Cienfuegos, Igua-rá en Sancti Spíritus, Venezuela y Baraguá en Ciego de Ávila, Sola y Vertientes en Camagüey, Colombia en Las Tunas, Veguitas y Jiguaní en Granma, Mayarí, Sagua de Tánamo y Urbano Noris en Holguín, Contramaestre, Caney del Sitio y San Luis en Santiago de Cuba, Caujerí, San Antonio del Sur, Imías y Baracoa en Guantánamo.

Para calcular los promedios mensuales de temperatura máxima (T_{máx.}), mínima (T_{mín.}) y media (T_{med.}) esperadas para los escenarios A2 y B2 en 2030 y 2060 para cada sitio, se usaron los promedios de los datos obtenidos por Centella (2010) con los dos MGC. El mismo procedimiento fue seguido con los datos de humedad relativa y lluvia.

El impacto del cambio climático sobre SN fue estimado: a) en el sitio Baraguá, mediante la comparación de las sumas de velocidades semanales de evolución (SE) de acuerdo al método termofisiológico de Livingstone [Ganry, 1978], basado en la ley de la temperatura sobre el crecimiento de los tubos germinativos de *M. fijiensis* y el modelo desarrollado por Porras y Pérez (1998), para determinar las SE diarias utilizando las temperaturas máximas y mínimas; b) para los sitios Baraguá, Alquizar/Güira de Melena, Imías y Baracoa, comparando la lluvia acumulada por diez días siguiendo el procedimiento descrito por Pérez-Vicente *et al.* (2000, 2006), con los datos desarrollados por el modelo ECHAM5/MPI-OM para los escenarios A2 y B2 en 2030 y 2060, con los registros históricos para estos sitios en 1995.

La estimación del impacto del cambio climático sobre la marchitez por *Fusarium* se estimó utilizando la anomalías de temperatura determinadas con los MGC y los datos generados por Pérez *et al.* (2003), sobre el efecto de la temperatura sobre el crecimiento de *Foc* razas 1 (R1) y 2 (R2). Los impactos esperados del cambio climático sobre *C. torulosa*, *C. musae*,

F. semitectum, *D. paradisiaca*, CMV y BSV y sus vectores, el picudo negro *C. sordidus*, los thrips de las flores *F. parvula* y *Chaetanaphothrips* spp. y los ácaros *T. tumidus* y *R. indica* fueron llevados a cabo con los datos obtenidos de los MGCs y la información del ciclo de vida y los efectos de la temperatura, Hr y lluvia sobre el desarrollo y dispersión de estas plagas obtenidas de la bibliografía revisada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las curvas mensuales de Tmáx., Tmín. y Tmed. determinadas para los escenarios futuros y la línea base histórica aparecen en la Fig. 1. Las curvas son muy similares para los escenarios A2 y B2 en 2030 y 2060. Las anomalías más grandes de temperatura fueron determinadas para 2060 en ambos escenarios, y las diferencias máximas absolutas con las líneas bases históricas para la Tmáx., Tmed. y Tmín. fueron +2,89, +2,80 y +2,33 °C, respectivamente. Los datos indican que las temperaturas más altas ocurrirán en 2060 entre junio y mediados de septiembre, y las más bajas en febrero.

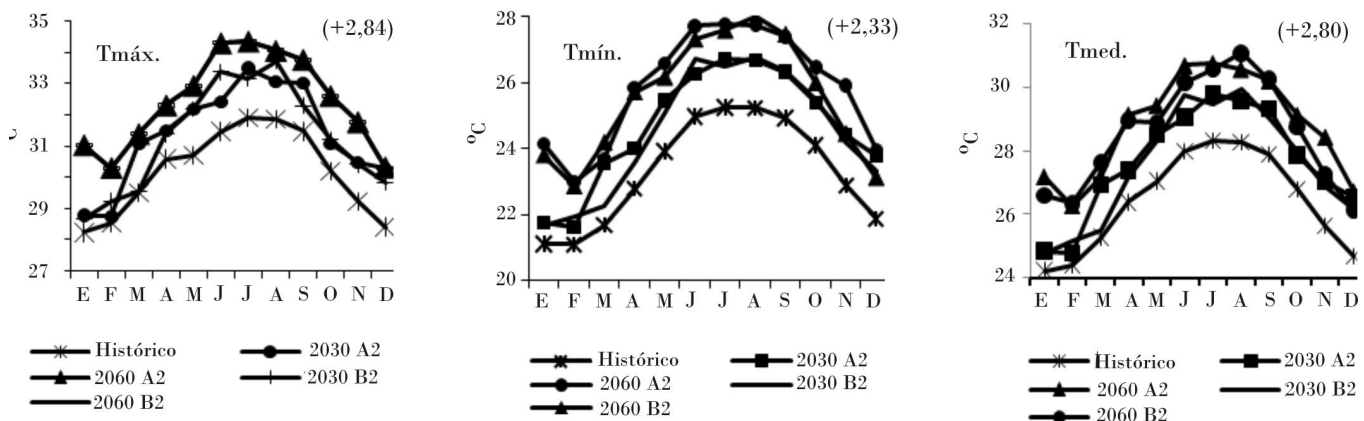


Figura 1. Promedios mensuales de Tmáx., Tmín. y Tmed. obtenidos de los promedios de los dos MGC para los escenarios A2 y B2 en el 2030 y el 2060. En paréntesis se indica la diferencia máxima absoluta con el promedio de los registros históricos ajustados por dichos modelos.

Las anomalías de Hr para los escenarios A2 y B2 aparecen en la Fig. 2. Los valores de Hr del aire previstas por los modelos en 2030 y 2060 son menores que las de la línea base histórica.

Interesantemente, ambos modelos para 2030 y 2060 prevén valores de Hr mayores de febrero a abril, que son históricamente los meses más secos del año en Cuba.

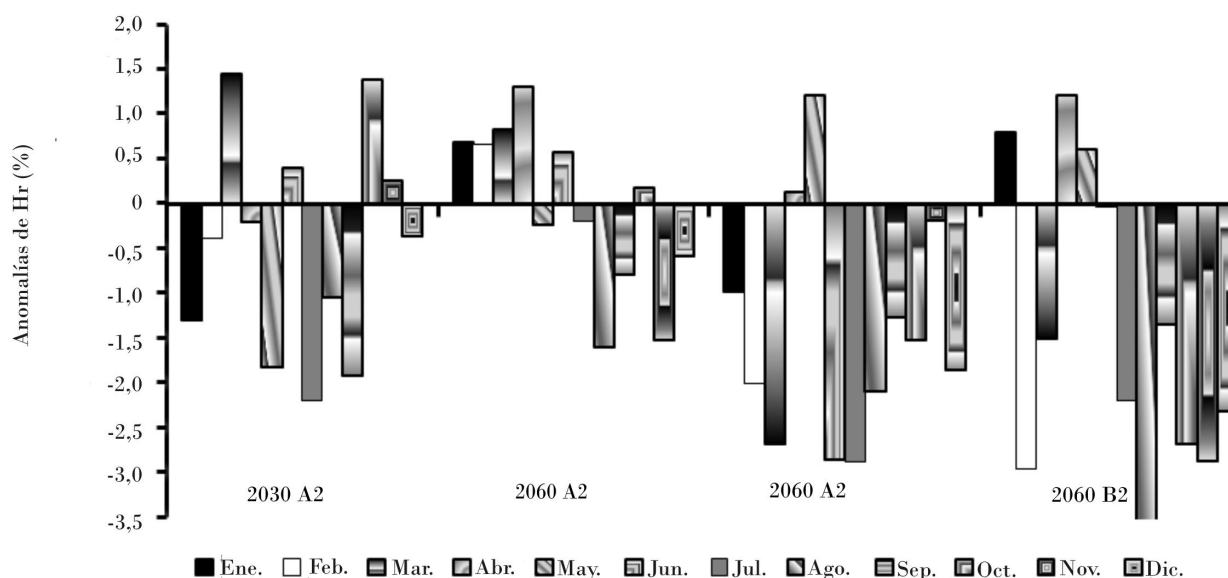


Figura 2. Anomalías de la Hr promedio anual para los escenarios A2 y B2 en 2030 y 2060 calculada a partir de los valores promedios estimados por los dos MGC.

La lluvia anual prevista para todos los escenarios y sitios en 2030 y 2060 aparecen en la Fig. 3. En la Tabla 1 aparecen las desviaciones porcentuales de la lluvia anual en relación con los registros históricos ajustados por los MGC. La lluvia anual prevista será en forma general menor que la históricamente registrada en la mayoría de los sitios. En algunos sitios, sin embargo, se prevén aumentos de

la pluviometría, especialmente en 2030. Hay una relación general de aumento de la pluviometría en relación con el histórico en el occidente y una marcada disminución a partir de los sitios situados desde Camagüey hacia el oriente. Estos datos concuerdan con las informaciones de reducción del área apropiada en términos de lluvia y humedad para el cultivo en el Caribe y Cuba [Ramírez *et al.*, 2011].

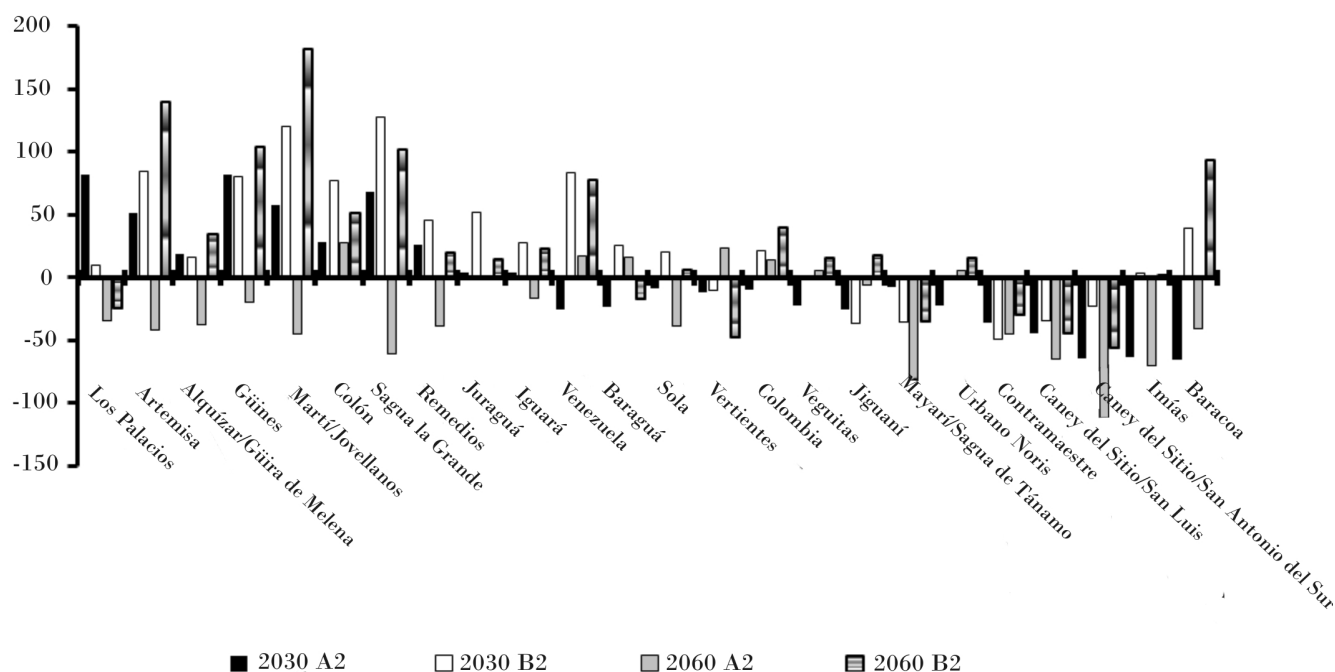


Figura 3. Lluvia anual para los diferentes sitios de acuerdo al promedio de ambos MGC y los escenarios A2 y B2 en 2030 y 2060.

Tabla 1. Anomalías (%) estimada de la lluvia total anual para cada sitio.

Sitios	Histórico	Anomalía (%) de la lluvia total anual histórica	
		2030 A2	2060 A2
Caujerí/San Antonio del Sur	450,41	-14,2	-24,7
Imías	451,40	-14,1	-15,5
Mayarí/Sagua de Tánamo	753,26	-1,0	-11,4
Caney del Sitio/San Luis	613,93	-7,2	-10,6
Sagua la Grande	653,65	10,4	-9,3
Contramaestre	486,08	-7,4	-9,3
Alquízar/Güira de Melena	563,18	3,4	-6,7
Martí/Jovellanos	668,11	8,6	-6,7
Remedios	595,88	4,4	-6,4
Artemisa	675,04	7,6	-6,1
Sola	637,84	-1,3	-6,1
Los Palacios	688,49	11,8	-4,9
Baracoa	982,66	-6,6	-4,1
Jiguaní	593,08	-4,2	-1,0
Juraguá	432,89	0,8	-0,1
Güines	732,16	11,2	-2,7
Iguará	612,42	0,7	-2,7
Veguitas	541,35	-4,2	1,0
Urbano Noris	541,35	-4,2	1,0
Colombia	712,79	-1,4	2,0
Baraguá	472,84	-5,0	3,3
Venezuela	439,45	-5,7	3,8
Vertientes	607,81	-2,0	3,8
Colón	694,55	4,1	4,0

Los sitios en la tabla están en orden creciente del valor absoluto de las desviaciones estimadas en relación a la media histórica calculada por los modelos para los escenarios más severos A2 en 2060.

Sigatoka negra. La temperatura determina la velocidad de evolución de los síntomas de SN, y la evolución de la enfermedad es más corta cuando la temperatura del aire es cercana a los 27 °C [Porrás y Pérez, 1998]. Los umbrales semanales de SE que conducen a las progresiones del ataque de SN están entre 11 000 y 12 000 unidades [Porrás y Pérez, 1998]; SE inferiores al umbral indican temperaturas desfavorables para el desarrollo de SN. En la *Fig. 4* aparecen las curvas de las SE semanales determinados con la T_{máx.} y T_{mín.} diarias obtenidos con los MGC para los escenarios A2 y B2 en 1995, 2030 y 2060 para el sitio Baraguá. Las temperaturas previstas para ambos escenarios en 2030 y 2060 serán altamente favorables para una rápida evolución de la enfermedad. *M. fijiensis* es heterotático, y la fertilización de los protopseudotecios y la

producción de ascosporas dependen del movimiento de espermacios en una película de agua en las hojas. Además, la producción y liberación de ascosporas y conidios son altamente dependientes de la duración de la humectación de las hojas y de la alta Hr, por lo que los momentos de las progresiones y regresiones de los ataques pueden ser estimados previamente a partir de acumulados de lluvia por 10 y 14 días [Pérez *et al.*, 2000; 2006]. Las más bajas Hr y lluvias, así como las más altas temperaturas determinadas por los modelos, reducirán la duración de la humectación de las hojas. Estas condiciones describen escenarios desfavorables en muchos de los sitios para el desarrollo de SN en 2030 y principalmente en 2060, con un menor número de progresiones de la enfermedad durante el año en todos los sitios (*Tabla 2*).

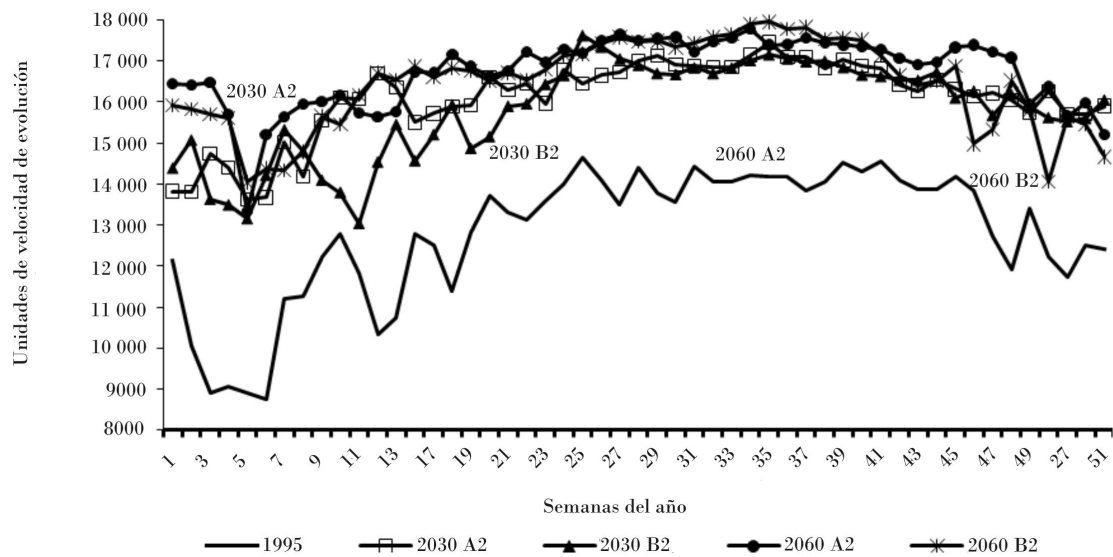


Figura 4. Comparación de las curvas de velocidad de evolución de *M. fijiensis* acumuladas semanalmente histórica (1995) y estimada de acuerdo a los valores mínimos obtenidos para las proyecciones de los escenarios A2 y B2 de 2030 y 2060.

Tabla 2. Recurrencias esperadas de estado de evolución de la sigatoka negra de acuerdo a la lluvia acumulada por 10 días descritas para los escenarios A2 y B2 en 2030 y 2060

Escenarios	Número de recurrencias estimadas del estado de evolución/año de sigatoka negra en función de los escenarios de lluvia y el procedimiento de Pérez et al. (2000 a y b)			
	Baraguá	Alquízar/Güira de Melena	Imías	Baracoa
Histórico 1995	16	16	—	—
A2 2030	9	11	13	10
B2 2030	5	11	9	10
A2 2060	7	11	8	11
B2 2060	8	9	9	12

Marchitez por *Fusarium*. *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (*Foc*) es diseminado por rizomas infectados y clamidosporas transportadas en agua y partículas de suelo [Stover, 1962; Hsieh y Ko, 2006; Pérez Vicente et al., 2014; Ploetz, 2015]. Durante eventos de lluvia extremos que den lugar a inundaciones, la enfermedad es rápidamente distribuida entre plantas y campos enfermos y sanos, y aumenta su distribución [Pérez-Vicente, 2004]. Pérez et al. (2003) determinaron la ley de acción de la temperatura sobre el crecimiento de las colonias pertenecientes a la R1 y R2 de *Foc*, encontrando que el patógeno se desarrolla óptimamente en un amplio rango de temperaturas entre 23 y 29 °C, y después disminuye rápidamente su crecimiento. La temperatura mínima y máxima para el desarrollo del patógeno exceden los límites del rango de temperatu-

ras que ocurren en los sitios estudiados en Cuba por un lado, y por otro los aumentos de temperatura previstos no son favorables al desarrollo de la enfermedad. La enfermedad es más severa en suelos con un contenido de humedad del 40 % de la capacidad de campo que en suelos húmedos [Peng et al., 1999] y una alta transpiración favorece el movimiento de microconidios en el sistema vascular [Cook y Pependik, 1972]. En los escenarios descritos por los MGC, la distribución de *Foc* podría ser baja aun cuando la enfermedad pueda ser más prominente cuando está presente. Por el contrario, durante los eventos extremos de mucha lluvia y huracanes causantes de inundaciones, *Foc* puede ser muy importante debido al área bajo cultivo de los tipos Burro (Bluggoe, ABB) susceptibles a la enfermedad (Fig. 5).

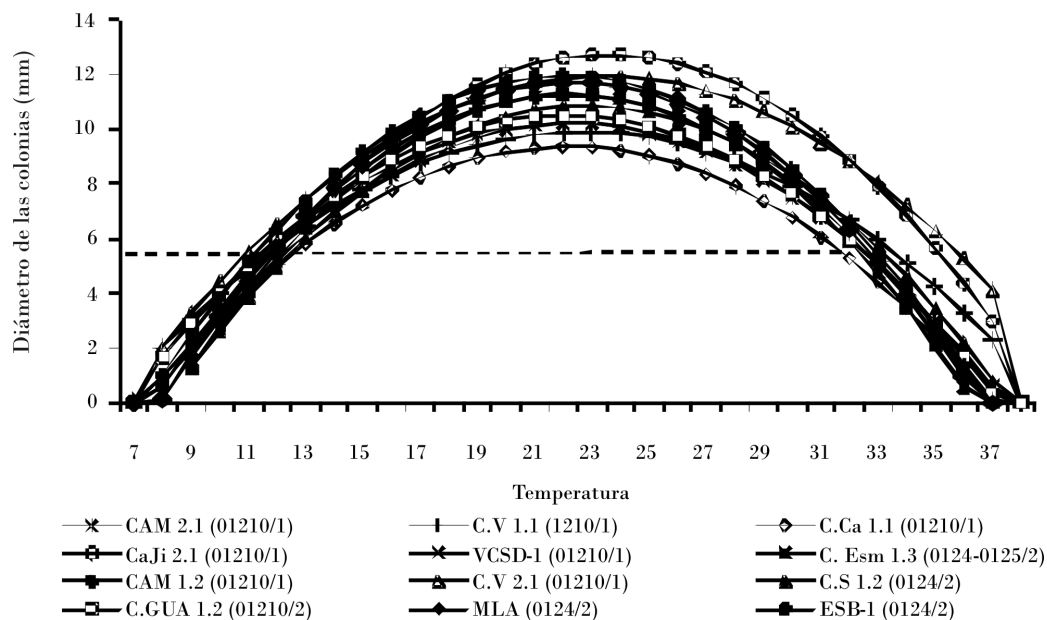


Figura 5. Crecimiento de las colonias de *Foc* R1 (VCG 1210/1) y *Foc* R2 (VCGs 0124/2; 0124-0125/2 t 1210/2) en diferentes temperaturas [Tomado de Pérez *et al.*, 2003].

Enfermedades de la fruta de pre y poscosecha.

La mayoría de los patógenos que infectan la fruta, *C. musae*, *F. semitectum* [*sin. F. pallidoroseum*, *F. incarnatum* según Leslie y Summerell, 2006], *M. theobromae* y *C. torulosa* son parte de la comunidad microbiológica de las brácteas, flores y hojas [Meredith, 1962; 1971; Pérez *et al.*, 1990; Pérez y Vidal, 1994; Pérez *et al.*, 2001]. La producción y dispersión de las esporas de estas especies ocurre durante los períodos de lluvias intensas y alta Hr, por salpicadura y otros mecanismos de dispersión dependientes del agua y la turbulencia del aire [Lukesic y Kaiser, 1966; de Lapeyre de Bellaire *et al.*, 2000]. Los escenarios climáticos descritos por los MCG serán más desfavorables para el desarrollo de las enfermedades de pre y poscosecha.

Pudrición del pseudotallo y el rizoma por *Dickeya paradisiaca*. *D. paradisiaca* se desarrolla bien en suelos calientes [Samsom *et al.*, 2004]. El patógeno es rápidamente transmitido por rizomas infectados y herramientas durante las prácticas de cultivo. En Cuba la enfermedad es más prevalente en plátanos AAB bajo estrés de humedad, dando lugar a pudriciones severas del pseudotallo. Los escenarios descritos serán más conducentes a los daños causados por el patógeno en plátanos.

Virus del mosaico. El *Cucumis mosaic virus* (CMV) causa una enfermedad menor de las musáceas en Cuba, el cual es transmitido por rizomas infectados usados para la plantación y los áfidos *Pentalonia ni-*

gronervosa Coquerel, *Aphis gossypii* Glover, *Rhopalosiphum maydis* Fitch y *Myzus persicae* Sulzer [Bécquer y Bencomo, 1974; Gold *et al.*, 2002; Coto y Saunders, 2004]. La fecundidad de *P. nigrongervosa* es máxima a los 25 °C de temperatura y considerablemente baja a la de 30 °C en comparación con las temperaturas de 20-25 °C. Bajo estas condiciones el áfido se reproduce asexualmente dando lugar a progenies de ninfas [agámica y partenogénesis; Robson *et al.*, 2007a]. Los escenarios de temperaturas descritas para A2 y B2 para 2030 y 2060 son favorables para *A. gossypii* [Akey y Butler, 1993] y menos favorables para el desarrollo de *M. persicae* y *R. maydis*, cuyos ciclos se acortan a más bajas temperaturas. Las más secas condiciones ambientales son, sin embargo, más favorables para la diseminación de los vectores y desfavorables para *Lecanicillium lecanii* R. Zare & W. Gams y otros hongos entomopatógenos que contribuyen a regular sus poblaciones en el campo.

Virus del rayado. El virus del rayado (*banana streak virus*, BSV) es un complejo de especies virales que causan un rayado clorótico. Se conoce que es el virus más ampliamente distribuido que infecta bananos y plátanos alrededor del mundo [Kumar *et al.*, 2014]. La enfermedad fue por primera vez observada en Costa de Marfil en 1958 [Lockhart y Jones, 2000]. Se informó posteriormente un BSV severo en el triploide de *Musa acuminata* AAA Gros Michel. Existen dos formas infecciosas del BSV [Kumar *et al.*, 2014]: 1)

la forma episomal resultante de la infección celular y de plantas por transmisión con pseudocóccidos; 2) la forma endógena de las secuencias virales integradas del BSV (eBSV) en el genoma B (*M. balbisiana*). Los estreses físicos inducen de nuevo la partículas virales (forma episomal) del eBSV [Cote *et al.*, 2010; Lheureux, *et al.*, 2003], posiblemente a través de recombinaciones homólogas dentro de las hebras (Hr) del ADN. Tanto el virus episomal como las partículas infecciosas de eBSV dan lugar a la infección sistémica [Harper *et al.*, 2004; Iskra-Caruana *et al.*, 2010] y pueden transmitirse por pseudocóccidos [Dahal *et al.*, 2000; Kubiriba, *et al.*, 2001]. La enfermedad es expresada severamente bajo estrés de baja temperatura. La entrada en Cuba de frentes fríos intercontinentales con bajas temperaturas induce la activación episomal del virus y los síntomas en las plantaciones. Bajo los escenarios descritos para 2030 y 2060, la prevalencia de plantas con síntomas podría ser menor, pero el ciclo de *Planococcus citri* Risso será más corto con mayores poblaciones [Goldasteh *et al.*, 2009]. Como el período asintomático podría ser más largo, el uso por los productores de semillas infectadas puede ser también alto.

Pseudocóccidos. Diferentes especies de pseudocóccidos son plagas de las musáceas que causan rechazo de racimos durante el beneficio y la comercialización, y son además vectores de BSV [Lockhart y Jones, 2000; Guzmán *et al.*, 2005; Meyer *et al.*, 2006]. Entre estas se encuentran la cochinilla harinosa del banano (*Pseudococcus elisae*) (Borchsenius), *Planococcus citri*, *Dysmicoccus brevipes* Cokerell, con una amplia distribución en diferentes hospedantes [Saunders *et al.*, 1998; Coto y Saunders, 2004], *Ferrisia virgata* Cokerell [Culik *et al.*, 2006; Cubillo, 2013], *Nippacoccus nipae* Maskell [Coto y Saunders, 2004; Cubillos, 2013] y *Planococcus minor* [González *et al.*, 2002]. Las hormigas de los géneros *Pheidole* spp., *Cromatogaster* spp. y *Paratrechina* spp. proveen protección y ayudan a la dispersión de los pseudocóccidos a nuevas partes de la planta o a otros hospedantes [Cubillo, 2013]. Los pseudocóccidos excretan sustancias azucaradas (ligamaza) que atrae a las hormigas y sirven de sustratos a especies de hongos productores de fumagina.

En Costa Rica el rechazo de frutos es mayor cuando prevalecen altas temperaturas y baja pluviometría debido al acortamiento del ciclo del insecto [Cubillo, 2013]. Durante los eventos extremos de altas precipitaciones (>400 mm/mes) e inundaciones, las hormigas

y los pseudocóccidos se trasladan hacia arriba en los pseudotallos, aumentando la infección viral y el riesgo de rechazo de frutos debido a la presencia y daños de insectos.

Picudo negro. *C. sordidus* es positivamente higrotrópico [Roth y Willis, 1963], y las poblaciones tienden a ser mayores en la estación lluviosa, sugiriendo que son muy sensibles a la humedad del suelo [Gold *et al.*, 1998]. La actividad de ovoposición de *C. sordidus* es afectada negativamente por la elevación de la temperatura [Franzmann, 1972; Parnitzki, 1992]. Bajo condiciones tropicales el insecto deposita un huevo por semana [Abera *et al.*, 1999], mientras en los subtrópicos deposita entre tres y cuatro huevos [Treverrow y Beeding, 1993]; no obstante, el ciclo del insecto es más corto a temperaturas cercanas a los 28-30 °C. Aun cuando la densidad de la población y la actividad del insecto son también influidas por otros factores, además de la temperatura, los escenarios esperados para 2030 y 2060 serán más desfavorables para la actividad del insecto que las condiciones ambientales actualmente existentes.

Thrips. Varias especies de *thrips* afectan a las musáceas en el país. *Chaetanophothrips* spp. (*thrips* de mancha roja) es la causa del rechazo de frutos debido a la mancha roja de la piel que causa por la actividad de succión de la plaga y *Frankliniella parvula* Hood (*thrips* de las flores), causante de lesiones en la epidermis de la fruta en forma de lesiones elevadas duras que causan rechazo de los frutos durante el beneficio y comercialización [Cubillo, 2013]. La oviposición de *F. parvula* ocurre en las etapas tempranas del desarrollo de los frutos (menos de dos semanas de edad) sobre la epidermis de los frutos, el pinzote y las flores del banano [Cubillo *et al.*, 2001]. El tiempo seco y caliente es favorable para el aumento y dispersión de las poblaciones de estos insectos, como ocurre en diferentes regiones de producción de bananos en regiones áridas o semiáridas, y aún en el trópico semiseco. Así las anomalías climáticas previstas por los modelos para 2030 y 2060 son favorables para el incremento de los daños causados por estas dos plagas. Como los insectos completan su desarrollo pupal en el suelo directamente debajo de los racimos [Harrison, 1963; Cubillo, 2013], los eventos de abundantes lluvias que den lugar a la inundación de los suelos podrán reducir drásticamente las poblaciones.

Ácaros. *Tetranychus tumidus* y *Raoiella indica* son altamente favorecidos por el tiempo seco y caliente,

y causan defoliaciones severas durante los meses más secos del año en Cuba. Las temperaturas más elevadas y los largos períodos secos, de baja Hr, y lluvias previstas a ocurrir en 2030 y 2060, podrían dar lugar al incremento de la incidencia de los daños de estas dos plagas.

CONCLUSIONES

- Los MGC son herramientas avanzadas para simular los cambios climáticos en el futuro debido al efecto invernadero de acumulación de gases. Los supuestos de los efectos de los cambios climáticos sobre las plagas de plantas son especulativos debido a las dificultades para validar los modelos para el futuro, y el efecto tendrá en una plaga particular [Chakravorty *et al.*, 1998], y no constituyen pronósticos de la situación debido a que los modelos no incluyen la probabilidad de ocurrencia.
- Las interacciones en relación con el impacto sobre las plagas son altamente complejas e incluyen efectos interactivos de los cambios climáticos sobre el desarrollo de las plantas, de los cambios microclimáticos al nivel del follaje, del desarrollo de plagas principales y menores en el cultivo, de las interacciones con los agentes de biocontrol, sobre la dispersión de las plagas, la expresión de genes de las plantas y el impacto de las acciones de control.
- Las incertidumbres de las predicciones son altas, y el mejor proceso adaptativo es el monitoreo de los cambios para retener la capacidad de innovación para mitigar los impactos. En el caso de las plagas se trata de reforzar la vigilancia con métodos de monitoreo eficientes estandarizados.
- El cultivo a altas densidades anual dirigido a producir fruta en los momentos de mejor comercialización y el escape de los eventos extremos, es un sistema que tiene muchas ventajas en el sentido del impacto de las plagas. Elimina la acumulación poliética de las poblaciones de plagas.
- Deben tenerse en cuenta los escenarios propuestos para el diseño de los esquemas futuros de manejo para las diferentes plagas y la elección de clones.
- En el futuro, los análisis de riesgo para las plagas exóticas transfronterizas deben considerar los escenarios desarrollados con los MCG.

Agradecimientos:

Los autores desean agradecer al Dr. Arnaldo Álvarez por brindar acceso a los informes de cambio climáti-

co y sus valiosos comentarios que hicieron posible el presente informe.

REFERENCIAS

- Abera, A.K.M.; S.C. Gold; S. Kyamanywa: «Timing and distribution of attack by the banana weevil (Coleoptera Curculionidae) in East Africa highland banana (*Musa* spp.)», *Florida Entomologist* 82: 631-641, 1999.
- Akey, D.H.; G. D. Butler Jr.: «Developmental rates and fecundity of apterous *Aphis gossypii* on seedlings of *Gossypium hirsutum*», *South-western Entomologist*, 14(3): 295-299, 1989.
- Bécquer, A.; I. Bencomo: «Vectores del virus del mosaico del plátano», *Revista de Agricultura* 7(2): 24-34, 1974.
- Centella, A.: Escenarios Climáticos Simulados Generados con el Modelo Climático Regional PRECIS. Proyecto «Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático», IPCC Special Report on Emissions Scenarios, Instituto de Meteorología. La Habana, Cuba, 2010.
- Chakravorty, S, Murray G.M., Magarey P.A., Yonov T, O'Brien R.G., Croft B.J., Barbeti M.J., Sivasitphamparam K, Old K.M., Sutherst R.W., Penrose L.J., Archer C., Emmete W.: «Potential impact of climate change on plant diseases of economic significance to Australia», *Australasian Plant Pathology* 27: 15-35, 1998.
- Cote, F.X., Galzi S., Folliot M., Lamagnere Y., Teycheney P.Y., Iskra-Caruana M.L.: «Micropropagation by tissue culture triggers differential expression of infectious endogenous banana streak virus sequences (eBSV) present in the B genome of natural and synthetic interspecific banana plantains», *Molecular Plant Pathology* 11: 137-144, 2010.
- Cook, R.J., Peppendick R.I.: «Influence of water potential of soils and plants on root disease», *Annual Review of Phytopathology* 10: 349-374, 1972.
- Coto, D.T., Saunders J.L.: *Insectos plagas de cultivos perennes con énfasis en frutales tropicales en América Central*, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2004.
- Cubillo, D.: «Las cochinillas harinosas (Homoptera: Pseudococcidae) asociadas al cultivo del banano (*Musa* AAA): especies, daño y su manejo», Dirección de Investigaciones de Corbana S.A., San José, C.R (hoja divulgativa), 2006.
- Cubillo, D.: *Manejo integrado de insectos plagas en el cultivo del banano. Conceptos y aplicaciones*. Diseños Impresos San José, Costa Rica, 2013.
- Cubillo, D., Laprade S., Vargas R.: *Manual técnico para el manejo integrado de insectos plagas en el cultivo del banano*, Corbana, San José, Costa Rica, 2001.
- Culik, M.P., Dos Santos D., Gullan P. «First records of two mealy bugs species in Brazil and new potential pests of papaya and coffee», *J. Insect Science* 23: 1-6, 2006.
- Dahal, G, Ortiz R., Tenkouano A., Hughes J.d'A., Thottappilly G., Vuylsteke D. *et al.*: «Relationship between natural occurrence of banana streak badnavirus and symptom expression, relative concentration of viral antigen, and yield characteristics of some micropropagated *Musa* spp.», *Plant Pathology* 49: 68-79, 2000.
- De Lapeyre de Bellaire, L., Chillet M., Dubois C., Mourichon X.: «Importance of different sources of inoculum and dispersal of conidia of *Colletotrichum musae*, the causal agent of banana anthracnose, for fruit contamination», *Plant Pathology* 49:782-790, 2000.
- Franzmann, B.A.: «Banana weevil borer in North Queensland», *Queensland Agricultural Journal* 98: 319-321, 1972.
- Ganry, J.: «Calcul des sommes de vitesses de développement et des températures moyennes journalières à partir du minimum et du maximum journalières de température sous climats tropical et équatorial», *Fruits* 33: 221-236, 1978.

- Gold, C.S., Rukazambuga N.D.T.M., Karamura E.B., Nemeje P.: «Night G Recent advances in banana weevil biology, population dynamics and pest status with emphasis on East Africa», Proceedings of Workshop Mobilizing IPM for sustainable banana production in Africa. Held in Nelspruit, South Africa, November: 35-50, 1998.
- Gold, C.S., Pinese B., Peña J.E.: «Pests of banana, *Tropical fruit pests and pollinators: Biology, economic importance, natural enemies and control*, CABI, Oxon, UK, 2002.
- Goldasteh, S., Talebi A.A., Fathipour Y., Ostovan H., Zamani A., Shoushtari R.V.: «Effect of temperature on life history and population growth parameters of *Planococcus citri* (Homoptera, Pseudococcidae) on coleus (*Solenostemon scutellarioides* (L.) Codd.)», *Arch. Biol. Sci.*, 6: 329-336, 2009.
- González, G., Font C., Miranda E.: «*Planococcus minor* (Markell), vector del virus del estriado del plátano BSV)», *Fitosanidad* 6 (2): 47-48, 2002.
- Guzmán, M., Villalta R., Collado M.: «Contribución al conocimiento de la biología y ecología de la enfermedad del estriado del banano (BSV) en Costa Rica», Resúmenes del primer Congreso Científico-Técnico Bananero Nacional. Dirección de Investigaciones de Corbana, San José, Costa Rica, 2005.
- Harrison, J.O.: «Notes of the biology of the banana flower trips, *Frankliniella parvula*, in the Dominican Republic (Thysanoptera: Thripidae)», *Annals of the Entomological Society of America*. 56(5): 664-666, 1963.
- Harper, G., Hart D., Moul S., Hull R.: «Banana streak virus is very diverse in Uganda», *Virus Research* 100, 51-56, 2004.
- IPCC: The SRES emission sceneries: the IPCC Data distribution Centre. Available (2005). on: <http://sedac.siecin.columbia.edu/ddc/sres/index.html>. Accessed Sept. 2006.
- IPCC: Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Core Writing Team, Pachauri RK, Reisinger A (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 2007
- Iskra-Caruana, M.L., Baurens F.C., Gayral P., Chabannes M.: «A four-partner plant-virus interaction: Enemies can also come from within», *Molecular Plant-Microbe Interactions* 23: 1394-1402, 2010.
- Kubiriba, J., Legg J.P., Tushemereirwe W., Adipala E.: «Vector transmission of banana streak virus in the screenhouse in Uganda», *The Annals of Applied Biology* 139: 37-43, 2001.
- Kumar, P.L., Selvarajan R., Iskra-Caruana M.L., Chabannes M., Hanna R.: «Biology, etiology, and control of virus diseases of banana and plantain», *Advances in Virus Research*: 229-269, 2014.
- Lescot, T.: Genetic diversity of banana. Close-up. *FRUITRoP* 231, 2015.
- Leslie, J.F. and Summerell B.A.: *The Fusarium laboratory Manual*, Blackwell Publishing, Oxford, UK, 2006.
- L'heureux, F., Carreel F., Jenny C., Lockhart B.E.L., Iskra-Caruana M.L.: «Identification of genetic markers linked to banana streak disease expression in interspecific *Musa* hybrids», *Theoretical and Applied Genetics* 106: 594-598, 2003.
- Lockhart, B.E.L., Jones D.R.: «Banana streak», *Diseases of banana, abacá and enset*, CABI Publishing, Wallingford, UK, 2000.
- Luck, J., Spackman A., Freeman M., Trębicki P., Griffiths W., Finlay K., Chakraborty S.: «Climate change and diseases of food crops», *Plant Pathology* 60: 113-12, 2011.
- Lukezic, F.L., Kaizer W.J.: «Aerobiology of *Fusarium roseum* Gibbosum associated with crown rot of banana», *Phytopathology* 56, 545-548, 1966.
- Meredith DS, Some fungi on decaying banana leaves in Jamaica. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 45: 335-347. 1962.
- Meredith, D.S.: «Transport and storage disease of bananas. Biology and control», *Tropical Agriculture* 48: 413-421, 1971.
- Meyer, J.B., Kasdorf G.G.F., Nel L.H., Pietersen G.: «Transmission of activated-episomal Banana streak OL (badna)virus (BSOLV) to cv. Williams Banana (*Musa* sp.) by three mealybug species», *Plant Disease* 92: 1158-1163, 2008.
- ONE Anuario Estadístico de Cuba. Edición 2010. Oficina Nacional de Estadísticas República de Cuba, <http://www.one.cu/aec2009/>. Consultado 19 abril 2011.
- Parnitzki, P.: «Biologische bekämpfung des rüsselkäfers *Cosmopolites sordidus* Gemar mit entomopathogen nematoden der gattungen *Heterorhabditis* und *Steinernema* sower Untersuchungen sur biologie de Schädlingen», Ph. D. Thesis University of Bonn, 1992.
- Peng, H.X., Sivasithamparam K., Turner D.W.: «Chlamydo spores germination and Fusarium wilt of banana plantlets in suppressive and conducive soils are affected by physical and chemical factors», *Soil Biology and Biochemistry* 31: 1363-1374, 1999.
- Pérez, L., Mauri F., Hernández A., Abreu E., Porras A.: «Epidemiología de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en Cuba. I. Pronóstico bioclimático de los tratamientos en bananos (*Musa acuminata* AAA)», *Revista Mexicana de Fitopatología* 18(1): 15-26, 2000.
- Pérez, L., Papaoian F., Mauri F.: «La punta negra de los plátanos (*Musa* spp., AAB), causada por *Deightoniella torulosa*», II. Biología. *Ciencia y Técnica en la Agricultura, Serie Protección de Plantas* 13 (1): 97-108, 1990.
- Pérez, L., Sáenz M., Milanés M., López M.O.: «Putridión de la corona de los bananos en Cuba. Etiología y dinámica de las especies de hongos asociadas», *Fitosanidad* 5 (4): 15-20, 2001.
- Pérez, L., Vidal I.: «Aspectos de la biología de *Colletotrichum musae* (Berk. & Curt.) von Arx y *Fusarium pallidoseum* (Cooke) Saccardo, agentes causales de la pudrición de la corona de los bananos (*Musa* sp.) en Cuba», *Fitosanidad* 6 (1): 3-10, 2002.
- Pérez-Vicente, L.: «Manejo integrado de plagas y enfermedades en banano y plátano en Cuba», Manejo convencional y alternativo de la sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas celebrado en Guayaquil, Ecuador. 11-13 de agosto, 2003.
- Pérez, L., Batlle A., Fonseca J.: «*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* en Cuba: biología de las poblaciones, reacción de los clones híbridos de la FHIA y biocontrol». Memorias del Taller Internacional manejo convencional y alternativo de la Sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas, MUSALAC/INIBAP celebrado en Guayaquil, Ecuador. 11-13 de agosto, 2003.
- Pérez-Vicente, L.: «*Fusarium* wilt (Panama disease) of bananas: an updating review of the current knowledge on the disease and its causal agent», Proceedings of the XV International ACORBAT Meeting, September 26 to October 1, Oaxaca, México, 2004.
- Pérez-Vicente, L., Porras A., Mauri-Mollera F., Hernández-Mancilla A., Abreu-Antúnez E.: «Relationship between climatic factors and black Sigatoka speed of evolution in banana and plantains», Proceedings of XVII International ACORBAT Meeting Banana: A sustainable business. Jointville, Santa Catarina, Brasil, 15-20 octubre, 2006.
- Pérez-Vicente, L., Dita M.A., Martínez de la Parte E.: Technical Manual: Prevention and diagnostic of *Fusarium* Wilt (Panama disease) of banana caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Tropical Race 4 (TR4). Prepared for the FAO/CARDI Regional Workshop on the Diagnosis of Fusarium Wilt (Panama disease) caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Tropical Race 4: Mitigating the Threat and Preventing it Spread in the Caribbean. University of West Indies, Trinidad and Tobago, 5-9 May 2014, <http://www.fao.org/agriculture/crops/news-events-bulletins/detail/en/item/235419>; http://www.fao.org/agriculture/crops/news-events-bulletins/detail/en/item/235419/icode/?no_cache=1
- Pérez-Vicente, L.: Integrated management of *Fusarium* wilt or Panama disease of banana: perspectives of cultural, biological, chemical and genetic control. Regional Workshop on the Diagnosis of *Fusarium* Wilt (Panama disease) caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*

- Tropical Race 4: Mitigating the Threat and Preventing its Spread in the Caribbean, 2014, http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/caribbeantr4/09IntegratedManagement.pdf
- Ploetz, R.C.: «Management of *Fusarium* wilt of banana: A review with special reference to tropical race 4», *Crop Protection* 73: 7-15, 2015.
- Porras, A., Pérez L.: «Effect of temperature on the growth of ascospore germ tubes of *Mycosphaerella fijiensis* and black sigatoka disease development. Method for the calculation of the sums of speeds of evolution of black sigatoka based on the maximal and minimal daily temperatures», *Infomusa* 6 (2): 27-31, 1998.
- Ramírez, J., Jarvis A., Van den Bergh I., Staver C.: «Turner D Changing climates: effects on growing conditions for banana and plantain (*Musa* spp.) and possible responses. Chapter 20», *Crop Adaptation to Climate Change*, First Edition, John Wiley & Sons, 2011.
- Robson, J.D., Wright M.G., Almeida E.P.P.: «Biology of *Pentalonia nigronervosa* (Hemiptera: Aphididae) on banana using different rearing methods», *Physiological Ecology* 36: 46-52, 2007.
- Roth, L., Willis E.: «The humidity behavior of *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera: Curculionidae)», *Ann. Ent. Soc. Amer.* 56: 41-42, 1963.
- Samson, R., Legendre J.B., Christen R., Achouak W., Gardan L.: Transfer of *Pectobacterium chrysanthemi* [Brenner *et al.*, 1973] Hauben *et al.*, 1998 and *Brenneria paradisiaca* to the genus *Dickeya* gen. nov. as *Dickeya chrysanthemi* comb. nov. and *Dickeya paradisiaca* comb. nov. and delineation of four novel species: *Dickeya dadantii* sp. nov., *Dickeya dianthicola* sp. nov., *Dickeya dieffenbachiae* sp. nov. and *Dickeya zeae* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 54: Published online ahead of print on 26 September 2003 as DOI 10.1099/ijs.0.02791-0, 2004.
- Saunders, J.L., Coto D.T., King A.B.S.: *Plagas de invertebrados de cultivos anuales alimenticios en América Central*, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 1998.
- Stover, R.H.: *Fusarium wilt (Panama disease) of bananas and other Musa species*. Kew, UK, Commonwealth Mycological Institute, 1962.
- Treverrow, N. L., Bedding R.A.: «Development of a system for the control of banana weevil borer, *Cosmopolites sordidus* with entomopathogenic nematodes», *Nematodes and the Biological Control of Insect Pests*, Melbourne, CSIRO, 41-47, 1993.
- Wilson, S., Hassell D., Hein D. Jones R., Taylor R.: Installing and using the Hadley Centre regional climate modelling System, PRECIS Version 1.6.1 precis.metoce.com, 2008.