

Factores climáticos y su influencia en la expresión de enfermedades fúngicas en cultivares de Heliconias

Juan Manuel López-Vásquez✉, Marta Leonor Marulanda Ángel, Ana María López Gutiérrez

Climate factors and its influence on the expression of fungal diseases in cultivars of Heliconias

Abstract

One of the factors limiting the production of heliconias in Colombia is fungal disease, which is influenced by climatic conditions that determine the development of the disease cycle. In order to define a possible relationship between climatic factors and the incidence or severity of the most limiting fungal, we developed a linear correlation analysis of 10 heliconia cultivars in two municipalities, in the departments of Risaralda and Valle del Cauca. We found a direct relationship between the weekly average temperature and the incidence index of *Colletotrichum* spp., and the severity index of *Helminthosporium* spp.; areas with weekly average temperatures over 25°C will likely have incidence and severity of these limiting disease exceeding 50 % and 25 % respectively. Based on these results, we propose the development and validation of a predictive model of incidence and severity of limiting diseases, using a climate forecasting system.

Keywords: Fungal diseases; *Heliconia*; Temperature; Incidence; Severity.

Edited by Alberto Acosta

Laboratorio de Biodiversidad y Biotecnología, Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Tecnológica de Pereira. Risaralda, Colombia.

Received: 27-08-2013 **Accepted:** 31-10-2013

Published on line: 18-11-2013

Citation: López-Vásquez JM, Marulanda ML, López AM (2013) Factores climáticos y su influencia en la expresión de enfermedades fúngicas en cultivares de Heliconias. *Universitas Scientiarum* 18(3): 331-344 doi: 10.11144/Javeriana.SC18-3.fcie

Funding: Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – COLCIENCIAS.

Electronic supplementary material: N/A

SICI: 2027-1352(201309/12)18:3<3XX:FCYSIELEDEFECDH>2.0.TS;2

Introduction

Colombia cuenta con una experiencia de más de 40 años en la producción y exportación de flores y follajes tropicales, convirtiéndose en uno de los países con mayor ventaja competitiva para la producción de este tipo de productos a nivel mundial. En la actualidad, el país se ha convertido en el primer proveedor de flores de Estados Unidos con el 76 % del volumen de las importaciones y el segundo exportador de flores con el 15,4 % de participación mundial después de Holanda, generando 165.500 fuentes de trabajo en 6.783 hectáreas dedicadas a cultivos de exportación, lo que contribuye a un 5,9 % del producto interno bruto agropecuario nacional (Asocolflores 2013).



Aunque se desconocen los valores exactos en las exportaciones de heliconias, se identifica a Colombia como principal país competidor en el grupo de proveedores de heliconias, con más de 250 especies del género *Heliconia* descritas, de las cuales 97 están registradas en Colombia y 48 de ellas han sido descritas como especies endémicas (Berry & Kress 1991, Kress et al. 1993), situando al país como el centro de mayor biodiversidad de este género en el mundo y un fuerte competidor en el mercado internacional de heliconias (Turriago 2004, Maza 2004).

Se estima que en regiones del Eje Cafetero y Valle del Cauca existen aproximadamente 128 hectáreas cultivadas con heliconias y follajes, aportando el 2 % de la exportación nacional de flores (Devia 1995, Díaz 2006). En Risaralda, lugar en el que se concentra la mayor superficie de heliconia sembrada del país, existen alrededor de 50 hectáreas dedicadas a este cultivo y un número de productores superior a 63, lo que representa a las exportaciones cifras superiores a US \$625.000 dólares anuales, situación que pone de manifiesto el dinamismo e importancia que está tomando dicho sector en la economía regional (Asocolflores 2013).

Sin embargo, muchas de las ventajas y oportunidades que tiene esta región para la producción comercial de heliconia se encuentra limitada por las graves enfermedades que se presentan en este tipo de cultivos con pérdidas hasta de un 30 % (Escalona et al., 1992, Connelly 1999).

Investigaciones sobre la identificación de enfermedades en la producción heliconias en Colombia (Villegas et al. 2005, Alarcón 2007, López & Castaño 2012), han permitido identificar la presencia de seis géneros de hongos: *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Pestalotia*, *Curvularia*, *Helminthosporium* y *Colletotrichum*; tres géneros de bacterias: *Erwinia*, *Ralstonia* y *Pseudomonas*; siete géneros de nemátodos fitoparásitos: *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Tylenchus*, *Ditylenchus*, *Aphelenchoides*, *Rotylenchus*, *Pratylenchus* y *Radopholus*; y dos géneros de virus: Banana Streak Virus (BSV, *Badnavirus*) y Cucumber Mosaic Virus (CMV, *Cucumovirus*).

Actualmente el cultivo de heliconias en el país cuenta con registros actualizados y detallados para la identificación de agentes patógenos causantes de enfermedades y de los elementos climáticos de dichas enfermedades. Sin embargo, este tipo de investigaciones no se han podido extrapolar dadas las limitaciones tanto topográficas como climáticas que caracterizan la región andina, donde se promueve la explotación de cultivos comerciales en zonas donde el ataque de patógenos es mucho más agresivo debido a las condiciones climáticas existentes, dando como resultado pérdidas significativas en la producción y comercialización de la flor en esta región del país.

De este modo, con esta investigación se pretendió desarrollar herramientas que facilitaran la identificación de factores climáticos y cuya influencia delimita la expresión de epidemias de origen fúngico sobre diez cultivares del género *Heliconia* de importancia económica, los cuales se encontraban en parcelas experimentales ubicadas en los departamentos de Risaralda y Valle del Cauca, como base de una posible zonificación fitopatológica para la implementación y explotación de zonas con potencial productivo de la región.

Materiales y Métodos

Localización: La investigación se llevó a cabo al mismo tiempo en dos parcelas experimentales: la primera, se encontraba ubicada en el Departamento del Valle del Cauca, municipio de Riofrío, corregimiento de Salónica, finca La Granjita, a 4°09'23" latitud Norte y 76°17'26" longitud Oeste a una altitud de 1271 metros sobre el nivel del mar (msnm), temperatura media de 20,6°C, humedad relativa del 78,6 % y una precipitación de 1790 mm distribuidos en el año. La segunda, se encontraba ubicada en el Departamento de Risaralda, municipio de La Virginia, finca La Suiza, a 4°53'43" latitud Norte y 75°52'42" longitud Oeste a una altitud de 900 msnm, temperatura media de 24,3°C, humedad relativa del 70,9 % y una precipitación de 1279 mm distribuidos en el año.

Análisis climático: El registro diario climático de temperatura media (°C) y humedad relativa (%) en ambas parcelas experimentales, se llevó a

cabo por medio de dos registradores climáticos automatizados marca WatchDog® (modelo 2000), los cuales fueron puestos en casetas climáticas instaladas a una altura de 1,5 m sobre un soporte de madera. Igualmente, para el registro de la precipitación diaria acumulada se contó con dos pluviómetros de boca ancha y base angosta de escala numérica marca Lhaura® ubicados a una altura de 1,5 m sobre un listón de madera. Ambos equipos fueron ubicados a campo abierto y en el centro de cada parcela experimental.

Material vegetal: Se seleccionaron 10 cultivares de heliconias de importancia económica para la región. *Heliconia caribaea* cv Scarlata, *H. caribaea* cv Príncipe de la oscuridad, *H. caribaea* cv Purpurea, *Heliconia orthotricha* cv Tricolor, *H. orthotricha* cv Filo de la noche, *H. orthotricha* cv Arco iris, *Heliconia bibai* cv Halloween, *H. bibai* cv Pinky peach, *H. bibai* cv Lobster salmón y *Heliconia stricta* cv Iris red. Todas las variedades en ambos predios habían sido sembradas en el segundo semestre del año 2009, proveniente de cultivos *in vitro* y proporcionado por el laboratorio de Biotecnología y Biodiversidad de la Universidad Tecnológica de Pereira, según protocolos de micropropagación desarrollados por Marulanda e Isaza (2004).

Diagnóstico preliminar: La recolección de muestras se realizó entre los meses de marzo y agosto del año 2012 cuando las plantas tenían 36 meses de edad (3 años), mediante colecta de inflorescencias, hojas y pseudotallos de plantas que presentaron síntomas característicos de enfermedades de origen fúngico. Las muestras recolectadas fueron puestas en bolsas plásticas debidamente rotuladas, para finalmente procesarlas en el laboratorio de Biodiversidad y Biotecnología de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Siguiendo la metodología de Castaño & Del Río (1994), las secciones de material vegetal con síntomas fueron lavadas con agua corriente, desinfectadas con hipoclorito de sodio al 3 % por 3 minutos, luego lavadas tres veces con agua destilada estéril, secadas sobre papel de filtro estéril y finalmente puestas en cámaras húmedas por cinco días. Simultáneamente, trozos del mismo tejido, previamente desinfectados, fueron

sembrados en placas Petri con medio de cultivo PDA (Papa, dextrosa y agar 39 g L⁻¹ agua) e incubadas a 25°C en una incubadora Binder® (modelo WSL) durante dos semanas con el fin de observar las características macroscópicas producidas por los patógenos en medios de cultivo y reconfirmar el patógeno diagnosticado mediante pruebas de patogenicidad.

Pruebas de patogenicidad: Fueron realizadas a las dos enfermedades que por porcentaje de prevalencia, presentaban los más altos valores y por ende eran catalogados como limitantes. La metodología que se llevó a cabo para la realización de este proceso fue la obtención de cultivos puros de los patógenos ya aislados, posteriormente fueron recolectados tejidos u órganos sanos en los cuales fueron aislados los patógenos en la fase de diagnóstico preliminar. Estos tejidos u órganos fueron desinfectados con una solución de hipoclorito al 5 % para evitar contaminantes saprofitos que pudieran interferir en los resultados de la prueba. Estos órganos fueron puestos en cajas herméticas con papel humedecido con agua estéril. Cada evaluación contó con dos ensayos: el primero, con heridas realizadas con agujas hipodérmicas y el segundo sin heridas, cada ensayo tenía tres repeticiones más un testigo absoluto al que solo se le aplicó agua destilada estéril. Posteriormente, fueron cortados cuadros de 1 cm de diámetro de gel que contenía el hongo purificado y este fue puesto sobre los órganos sanos puestos en cámaras húmedas herméticas. Al cabo de 7 días la sintomatología característica del hongo fue claramente evidente y posteriormente se reaisló el patógeno tomando solo el borde de la lesión evitando tomar la parte inoculada. Posteriormente, se purificó hasta que las características macroscópicas del medio del cultivo y las características microscópicas del hongo eran iguales al primer proceso de aislamiento y purificación del microorganismo.

Descripción e identificación del patógeno: Transcurrido el período de incubación y confirmada la presencia de estructuras fúngicas en los trozos del material vegetal (puestos en cámara húmeda y en los medios de cultivo), se procedió a la preparación de láminas portaobjetos-

cubeobjetos con una a dos gotas de Lactofenol azul de algodón (20 g de fenol cristalino + 20 mL de ácido láctico + 20 mL de glicerina + 20 mL de agua destilada, azul de algodón al 5 % en agua), y fue observada en un microscopio de luz marca Nikon Eclipse (modelo E100; objetivos de 10x, 40x y 100x). La descripción e identificación de los hongos se realizó comparando las características de las estructuras observadas con las descritas en la literatura consultada (Hanlin 1990, Castaño & Del Río 1997, Hanlin 1998, Barnett & Hunter 1998, Castaño & Salazar 1998).

Porcentaje de prevalencia de las enfermedades diagnosticadas: Se realizó un registro del índice de prevalencia de cada una de las enfermedades diagnosticadas sobre los cultivos evaluados, con el fin de clasificar cuales eran las dos enfermedades más limitantes según la proporción de individuos que presentaban los síntomas de la enfermedad en un periodo determinado. Su cuantificación y estimación fue posible por medio de la siguiente fórmula según los parámetros indicados por Moreno et al (2000).

$$P = \frac{N.T.C.E.M.t}{T.P.M.t} \times 100 \quad (1)$$

En donde: P = Índice de prevalencia puntual, $N.T.C.E.M.t$ = Número total de casos existentes al momento t , $T.P.M.t$ = Total de la población al momento t .

Valoración del índice de incidencia y de severidad: Basado en resultados obtenidos en el diagnóstico preliminar e identificadas las dos enfermedades más limitantes según el porcentaje de prevalencia, se llevaron a cabo evaluaciones simultáneas del índice de incidencia y de severidad según la naturaleza del patógeno a evaluar y el órgano; con el fin de identificar cuales eran los dos cultivos más susceptibles al ataque de este tipo de patógenos en cada una de las localidades evaluadas. Los registros tanto del índice de incidencia como de severidad y siguiendo la metodología de Castaño (2002), contaron con una unidad experimental, marcada de manera aleatoria, de diez sitios y diez repeticiones, para un total de

cien unidades experimentales en cada una de las localidades evaluadas. Para los correspondientes registros de severidad se tuvo en cuenta diagramas de severidad desarrollados por López (2012) siguiendo la naturaleza de cada patógeno y el órgano afectado. Su registro inició el 28 de agosto del año 2012 y finalizó el 22 de febrero del año 2013, para un total de 30 semanas de evaluación.

Variables epidemiológicas: Se determinó la tasa de desarrollo (r) tomando como base la diferencia de semanas transcurridas y las lecturas del índice de severidad durante 30 semanas de evaluación, donde la enfermedad alcanzó el 50 % de severidad, para posteriormente transformar los datos a proporción. Con base a las curvas de desarrollo de la enfermedad, se determinó el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) durante el tiempo de evaluación. Su cuantificación y estimación fue posible por medio de las siguientes fórmulas según los parámetros indicados por Castaño (2002).

$$r = \frac{1}{t_1 - t_0} \left(\text{Log}_e \frac{x_1}{1 - x_1} - \text{Log}_e \frac{x_0}{1 - x_0} \right) \quad (2)$$

En donde: r = Tasa de infección aparente, t_0 = Tiempo inicial, t_1 = Tiempo final, x_0 = Severidad inicial y x_1 = Severidad final.

$$ABCPE = \sum_i^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i-1}}{2} \right) (t_i - t_{i-1}) \quad (3)$$

En donde: $ABCPE$ = Área bajo la curva del progreso de la enfermedad, \sum = Sumatoria de todos los datos, y_i = Severidad final, y_{i-1} = Severidad inicial, t_i = Tiempo final (días) y t_{i-1} = Tiempo inicial (días).

Correlación de las curvas de desarrollo según las condiciones climáticas: Después de identificada la localidad que presentó registros más altos de índice de incidencia y severidad sobre las dos enfermedades más limitantes ya diagnosticadas, se procedió a medir el grado de relación entre las variables evaluadas, por medio

del coeficiente de determinación (R^2) el cual se analizó por regresión lineal simple con los datos climáticos obtenidos a partir de los registros climáticos semanales de precipitación, temperatura y humedad relativa durante las treinta semanas de evaluación. Posteriormente, el grado de relación entre las variables evaluadas fue sometido a un análisis de correlación de Pearson (r) con el fin de determinar el comportamiento de las enfermedades en función de las variables climáticas. El coeficiente de correlación de Pearson fue explicado de acuerdo a la interpretación propuesta por Evans (1996).

Análisis de datos: Tanto los registros del índice de incidencia como de severidad, eran contenidos en cartillas de observación y seguimiento de las parcelas de experimentación. Posteriormente, los datos fueron registrados en hojas de cálculo para su posterior análisis. Las variables ordinales y las que no presentaron una distribución normal se analizaron por el método estadístico no paramétrico de Friedman. A las variables de intervalo o proporción obtenidas, se les realizó un análisis de varianza simple (ANAVA) empleando el paquete estadístico *Statistical Analysis System* (SAS, Versión 9,2), y en los casos donde hubo diferencias significativas ($p=0,005$) entre las variables evaluadas, se procedió a realizar una prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5 %.

Resultados y Discusión

Diagnóstico preliminar: En total fueron recolectadas 100 muestras (5 muestras por variedad; 50 por localidad) entre hojas, inflorescencias y pseudotallos pertenecientes a las diez variedades de heliconias evaluadas, las cuales permitieron identificar cinco géneros de hongos fitopatógenos, entre los que se encuentran: *Helminthosporium* spp., *Alternaria* spp. y *Cordana* spp. afectando hojas; *Colletotrichum* spp. y *Fusarium* spp. afectando inflorescencias; y *Fusarium* spp. afectando pseudotallos y peciolo (Figura 1). Estos resultados coinciden con las investigaciones realizadas por Villegas et al. (2005), Alarcón (2007) y López & Castaño (2012), quienes reportan la presencia de seis géneros de hongos sobre cultivos comerciales de heliconia en Colombia: *Rhizoctonia*

spp., *Fusarium* spp., *Pestalotia* spp., *Curvularia* spp., *Helminthosporium* spp. y *Colletotrichum* spp.

Descripción de la mancha de ojo causada por *Helminthosporium* spp.: Se encontró afectando principalmente a *H. orthotricha* cv Tricolor, *H. orthotricha* cv Filo de la noche y *H. orthotricha* cv Arco iris, ocasionando manchas irregulares de centro clorótico y un borde grueso de color café oscuro y con un halo clorótico de aproximadamente un milímetro de diámetro, cuando la enfermedad se encuentra en una etapa avanzada las lesiones coalescen presentando un secado generalizado en toda el área foliar (Figura 2a). Iguales descripciones reportaron López & Castaño (2012), sobre *H. orthotricha* cv Filo de la noche y *H. caribaea* cv Lobster salmón. Así mismo, Villegas et al. (2005), reportaron esta enfermedad sobre plantas de *H. wagneriana* cv Peterson y *H. orthotricha* cv Red.

Descripción de la Mancha foliar causada por *Alternaria* spp.: Se encontró afectando *H. bibai* cv Halloween, *H. bibai* cv Pinky peach y *H. bibai* Lobster salmón, ocasionando manchas de color blanco en los bordes de las hojas, que a medida que va avanzando la enfermedad se tornan redondas y concéntricas, con márgenes irregulares de color café oscuro de diferentes tamaños, redondeadas de un halo clorótico, las cuales al final coalescen, tomando un aspecto de quemazón (Figura 2b). Villegas et al. (2005), reportaron esta enfermedad sobre plantas de *H. wagneriana* y solo fue observada en hojas con deficiencia de magnesio y potasio, la cual se expresa en la hoja en forma de “V” invertida.

Descripción de la Mancha foliar por *Cordana* spp.: Se encontró afectando principalmente a *H. orthotricha* cv Tricolor, *H. orthotricha* cv Filo de la noche y *H. orthotricha* cv Arco iris, ocasionando manchas de forma oval, las cuales inicialmente tienen una coloración castaño claro con zonas concéntricas y borde marrón, que con el tiempo aumentan de tamaño hasta unirse unas con otras y ocasionar el secamiento parcial o total del limbo (Figura 2c). Villegas et al. (2005), reportaron esta enfermedad sobre plantas de *H. bibai* cv Lobster salmón, *H. orthotricha* cv She y *Alpinia* pink. Así mismo, Lins & Cohelo, (2004) y Assis et al. (2002), reportaron esta enfermedad en Brasil causando manchas foliares en *H. psittacorum*.

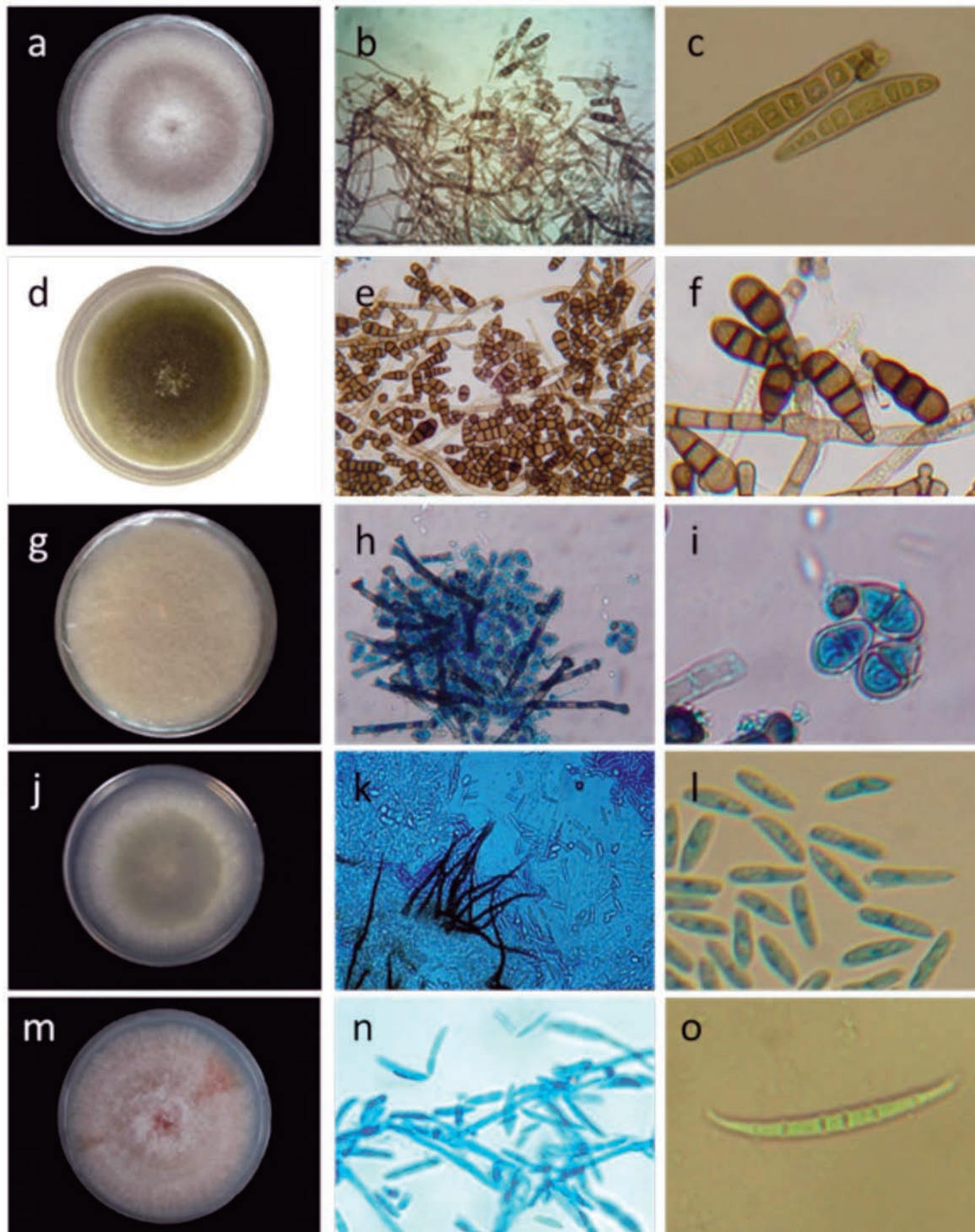


Fig. 1. Características macroscópicas y microscópicas de los hongos fitopatógenos más frecuentes catorce días después de su purificación en diez cultivares de heliconias en los departamentos de Valle del Cauca y Risaralda. **a.** Crecimiento micelial de *Helminthosporium* spp., **b.** Características microscópicas de *Helminthosporium* spp. (40x), **c.** Conidia de *Helminthosporium* spp. (100x), **d.** Crecimiento micelial de *Alternaria* spp., **e.** Características microscópicas de *Alternaria* spp. (40x), **f.** Conidia de *Alternaria* spp. (100x), **g.** Crecimiento micelial de *Cordana* spp., **h.** Características microscópicas de *Cordana* spp. (40x), **i.** Conidia de *Cordana* spp. (100x), **j.** Crecimiento micelial de *Colletotrichum* spp., **k.** Características microscópicas de *Colletotrichum* spp. (40x), **l.** Conidia de *Colletotrichum* spp. (100x), **m.** Crecimiento micelial de *Fusarium* spp., **n.** Características microscópicas de *Fusarium* spp. (40x), **o.** Macroconidia de *Fusarium* spp. (100x).

Descripción de la Antracnosis de la inflorescencia causada por *Colletotrichum* spp.:

Se encontró afectando principalmente inflorescencias en *H. bibai* cv Halloween, *H. bibai* cv Pinky peach y *H. bibai* Lobster salmón, ocasionando manchas irregulares y deprimidas de color negro, con halo de apariencia húmeda y con distribución en todas las brácteas de la inflorescencia. Cuando la enfermedad se encuentra en una etapa avanzada, provoca una descomposición generalizada y seca totalmente la inflorescencia (Figura 2d y 2e). Iguales descripciones reportaron López & Castaño (2012), sobre plantas de *H. bibai* Lobster salmón y *H. orthotricha* cv Filo de la noche. Así mismo, Alarcón (2010), reportó esta enfermedad sobre plantas de *H. wagneriana* cv Cream, *H. wagneriana* cv Red, *H. stricta* cv Lone lover y *H. orthotricha*.

Descripción del Marchitamiento vascular por *Fusarium* spp.:

Se encontró afectando principalmente a *H. stricta*, ocasionando taponamientos vasculares en los órganos internos, los cuales presentan coloraciones amarillas, rojizas o violetas, los primeros síntomas de la enfermedad se presentan en la vaina mas externa del pseudotallo, la cual se extiende hacia la vaina mas interna (Figura 2f). Es muy común encontrar el daño sobre peciolo o inflorescencias por *Fusarium* spp., sobre todo en inflorescencias luego de presentarse un daño mecánico o una herida en brácteas, siendo un factor predisponente para la colonización del hongo (Figura 2g y 2h). Iguales descripciones reportaron López & Castaño (2012), sobre plantas de *H. bibai* Lobster salmón, *H. orthotricha* cv Filo de la noche, *H. orthotricha* cv

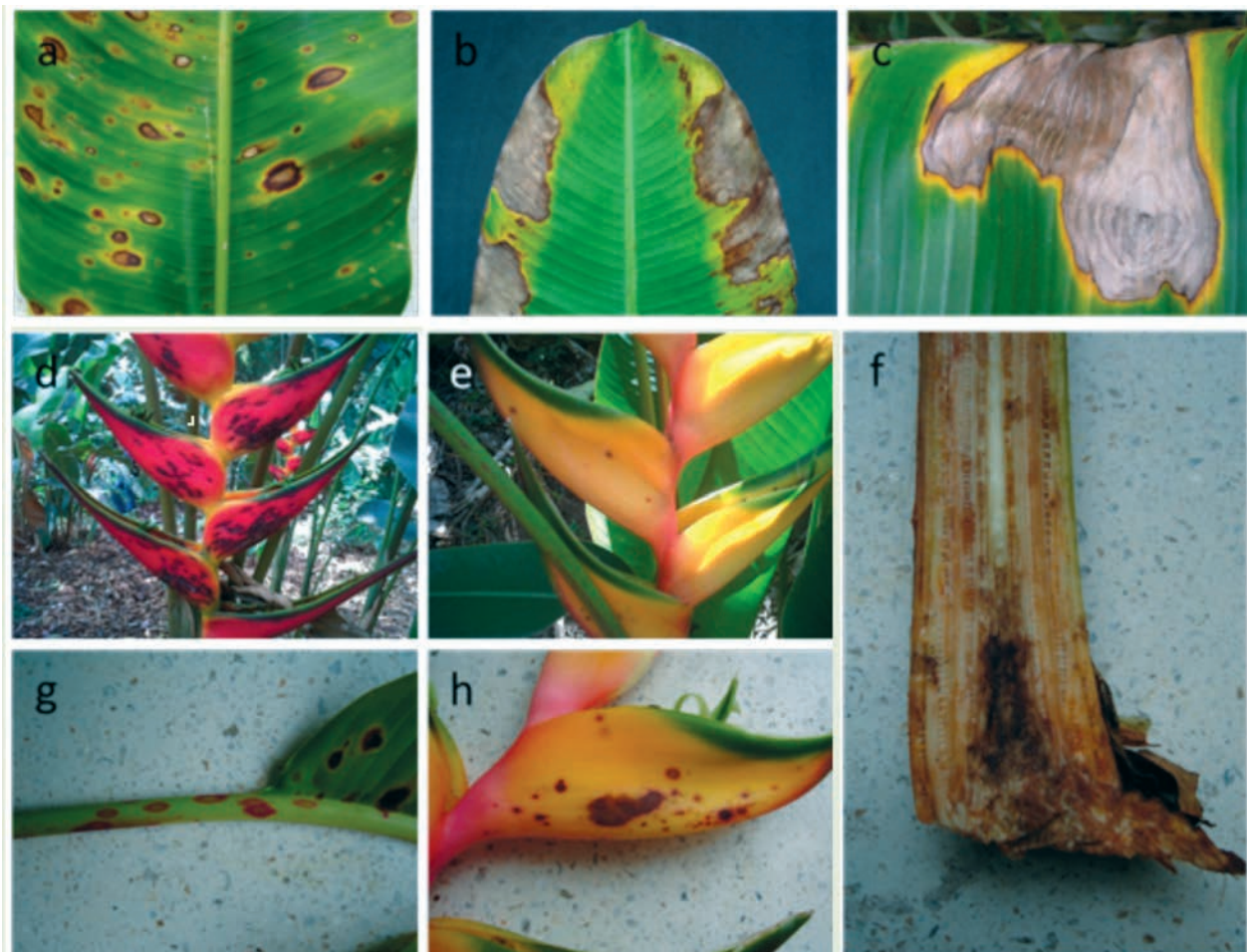


Fig. 2. Sintomatología de las enfermedades de origen biótico más frecuentes en diez variedades de heliconias en los departamentos de Valle del Cauca y Risaralda. **a.** Mancha de ojo causada por *Helminthosporium* spp., **b.** Mancha foliar causada por *Alternaria* spp., **c.** Mancha foliar causada por *Cordana* spp., **d-e.** Antracnosis de la inflorescencia causado por *Colletotrichum* spp., **f-g-h.** Daños ocasionados por *Fusarium* spp. en pseudotallos, peciolo e inflorescencias.

Kawachi y *H. orthotricha* cv Naranja. Así mismo, Villegas et al. (2005), reportó esta enfermedad sobre plantas de *Alpinia purpurata* y *Etlinger elatior*.

Porcentaje de prevalencia de las enfermedades diagnosticadas: La mancha de ojo causada por *Helminthosporium* spp. fue la enfermedad con un mayor índice de prevalencia, con un 52 % sobre los cultivares de *H. orthotricha*, le siguen en su orden, la Antracnosis de las inflorescencias causada por *Colletotrichum* spp. con un 49,1 % sobre los cultivares de *H. bihai*, la mancha foliar causada por *Alternaria* spp. con un 14,9 % sobre los cultivares de *H. bihai*, marchitamientos vasculares y manchas en peciolo e inflorescencias causados por *Fusarium* spp. con un 8 % sobre los cultivares de *H. stricta* y por último, mancha foliar causado por *Cordana* spp. con un 3,7 % sobre los cultivares de *H. orthotricha*.

Valoración del índice de incidencia y de severidad:

Entre los cultivares de *H. orthotricha* con el mayor índice de incidencia de *Helminthosporium* spp., Tricolor fue el más susceptible a la enfermedad, con el 78,3 % de las plantas afectadas, seguido por Filo de la noche y Arco iris, con el 45,7 y 32,1 % respectivamente (Tabla 1). Estos resultados concuerdan con López & Castaño (2012), donde *Helminthosporium* spp. alcanzó el 93,3 % de incidencia sobre *H. orthotricha* cv Filo de la noche y *H. caribaea* cv Lobster salmón, identificándolo como la enfermedad más limitante en la producción de heliconias en la región del Eje Cafetero. Iguales resultados obtuvieron Sewake & Uchida (1995), en Hawái, quienes indicaron que enfermedades foliares causadas por los patógenos *Bipolaris incurvata*, *Exserohilum* (= *Helminthosporium*) *rostratum*, *Pyriculariopsis* spp., *Mahabalella* spp.,

Tabla 1. Estimativo del índice de incidencia (%) de los hongos patógenos presentes sobre cada uno de cultivares evaluados en ambas localidades.

Cultivares evaluados	Género de los hongos patógenos encontrados				
	<i>Helminthosporium</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Cordana</i>	<i>Colletotrichum</i>	<i>Fusarium</i>
<i>H. caribaea</i> cv Scarlata	14,3	1,5	0,1	12,3	3,4
<i>H. caribaea</i> cv Príncipe oscuridad	8,5	0,4	0,9	2,8	2,9
<i>H. caribaea</i> cv Purpurea	15,3	0,3	1,5	18,5	5,6
<i>H. orthotricha</i> cv Tricolor	78,3	0,0	3,8	12,4	1,3
<i>H. orthotricha</i> cv Filo de la noche	45,7	0,0	1,6	15,3	2,2
<i>H. orthotricha</i> cv Arco iris	32,1	0,0	5,6	10,5	5,9
<i>H. bihai</i> cv Halloween	0,1	14,5	1,2	65,5	12,4
<i>H. bihai</i> cv Pinky peach	0,3	17,8	0,8	25,7	9,6
<i>H. bihai</i> cv Lobster salmón	0,2	12,5	1,5	34,8	2,2
<i>H. stricta</i> cv Iris red	1,5	1,2	1,2	16,2	5,9

y *Mycosphaerella* spp. son consideradas como limitantes en la producción de heliconias en este estado. Del mismo modo, Coutinho (2001), Coutinho (2006), Rabelo (2007), Santana et al. (2009) y Santos et al. (2009), en Brasil, identificaron al género *Helminthosporium* spp. como uno de los patógenos foliares más destructivos que existe en la producción de heliconias de ese país y uno de los más limitantes por el aumento en los costos de producción que conlleva esta enfermedad.

Por otro lado, el cultivar de *H. bibai* con el mayor índice de incidencia de *Colletotrichum* spp., fue Halloween con el 65,5 % de las plantas afectadas, seguido por Lobster salmón y Pinky peach, con el

Se encontraron diferencias significativas (ANAVA, $p \leq 0,005$) en las variables de respuesta de todas las enfermedades de origen fúngico diagnosticadas en ambas localidades, presentándose mayor índice de incidencia (42,7 %) e índice de severidad (14 %) en la localidad de La Suiza, frente a lo evaluado en la localidad de La Granjita, el cual presentó un índice de incidencia (8,4 %) e índice de severidad (2,8 %) mucho más bajo. Igualmente, la tasa de desarrollo de la enfermedad y el área bajo la curva de progreso de la enfermedad presentaron valores más altos en la localidad de La Suiza comparado con lo registrado en la localidad de La Granjita (**Tabla 2**).

Tabla 2. Índice de incidencia, índice de severidad, tasa de desarrollo y área bajo la curva de progreso de la enfermedad de la Antracnosis de la inflorescencia causada por *Colletotrichum* spp. sobre *H. bibai* cv Halloween y la Mancha de ojo causada por *Helminthosporium* spp. sobre *H. orthotricha* cv Tricolor en ambas localidades. * Prueba de medias de Tukey ($p < 0,005$). ** Letras diferentes denotan diferencias altamente significativas. -- -- Las evaluaciones no fueron realizadas para este tipo de enfermedad. ABCPE: Área bajo la curva del progreso de la enfermedad.

Género del patógeno	Localidad	Índice de incidencia (%)*	Índice de severidad (%)*	Tasa de desarrollo (r)*	ABCPE*
<i>Colletotrichum</i>	La Granjita	8,4b**	-- --	0,19b	276b
	La Suiza	42,7a	-- --	0,41a	1090a
<i>Helminthosporium</i>	La Granjita	-- --	2,8b	0,12b	68b
	La Suiza	-- --	14,0a	0,37a	493 ^a

34,8 % y 25,7 % respectivamente. Estos resultados concuerdan con Madríz et al. (1991), donde reportan a *Colletotrichum* musae como una de las enfermedades más limitantes de la producción de heliconia en Venezuela, al presentar una incidencia del 45,3 % sobre *H. caribaea*, la segunda enfermedad más limitante después de la mancha de ojo causada por *Helminthosporium* spp. Aunque investigaciones en Colombia como las de López & Castaño (2012), reportan a *Colletotrichum* spp., con una baja incidencia en la región del Eje Cafetero (entre el 13,3 % y 20 %), hace énfasis en que este patógeno constituye un factor limitante en la producción de heliconias debido al órgano afectado.

Correlación de las curvas de desarrollo según las condiciones climáticas: El análisis de correlación climática de la temperatura media con el índice de incidencia para *Colletotrichum* spp. sobre *H. bibai* cv Halloween ($R^2 = 0,4737$; **Figuras 3a y 3b**) se interpreta como fuerte (Evans 1996), entre tanto, el análisis de correlación de la incidencia de *Colletotrichum* spp. y la humedad relativa sobre *H. bibai* cv Halloween ($R^2 = 0,3065$; **Figuras 3c y 3d**) en la localidad de la Suiza, se interpreta como moderado (Evans 1996). De otra parte, el análisis de correlación de la severidad para *Helminthosporium* spp. sobre *H. orthotricha* cv Tricolor y la temperatura media ($R^2 = 0,4278$;

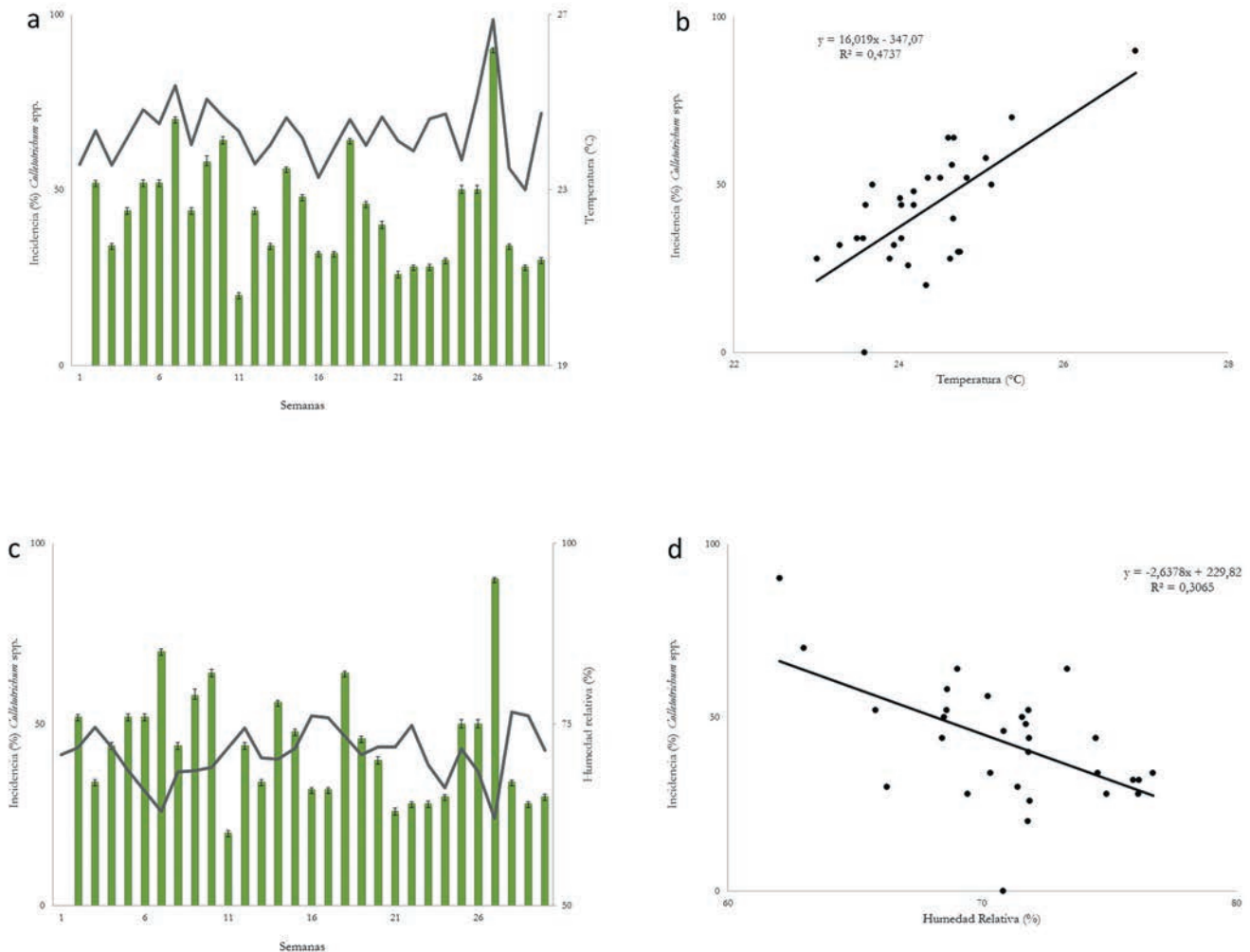


Fig. 3. Relación entre la temperatura media y la humedad relativa con el índice de incidencia de la Antracnosis en inflorescencias causada por *Colletotrichum* spp. sobre plantas de *H. bibai* cv Halloween en la localidad de La Suiza. **a.** Índice de incidencia de la Antracnosis vs temperatura media., **b.** Correlación entre la temperatura media y el índice de incidencia., **c.** Índice de incidencia de la Antracnosis vs humedad relativa., **d.** Correlación entre la humedad relativa y el índice de incidencia. Las líneas continuas indican los valores absolutos de la temperatura media y la humedad relativa. Las barras verticales de color verde indican las medias del índice de incidencia con su respectivo error estándar.

Figuras 4a y 4b) se interpreta como fuerte (Evans 1996) y el análisis de correlación de la severidad para *Helminthosporium* spp. sobre *H. orthotricha* cv Tricolor y la humedad relativa ($R^2 = 0,3611$; **Figuras 4c y 4d**) se interpreta como fuerte (Evans 1996).

De acuerdo a estos resultados, el índice de incidencia de la Antracnosis en inflorescencias causada por *Colletotrichum* spp. sobre plantas *H.*

bibai cv Halloween, se vió favorecida cuando la temperatura media presentó valores por encima de los 24°C y la humedad relativa registró valores por debajo del 70 %. Esto concuerda con lo señalado por Cannon (1998) y Alarcón & Bernal (2012), quienes afirmaron que el desarrollo de la enfermedad se ve favorecida por temperaturas de 25°C, siendo las especies *H. wagneriana* Cream, *H. wagneriana* Red, *H. stricta* Lone Lover y *H. orthotricha* las más afectadas por la enfermedad,

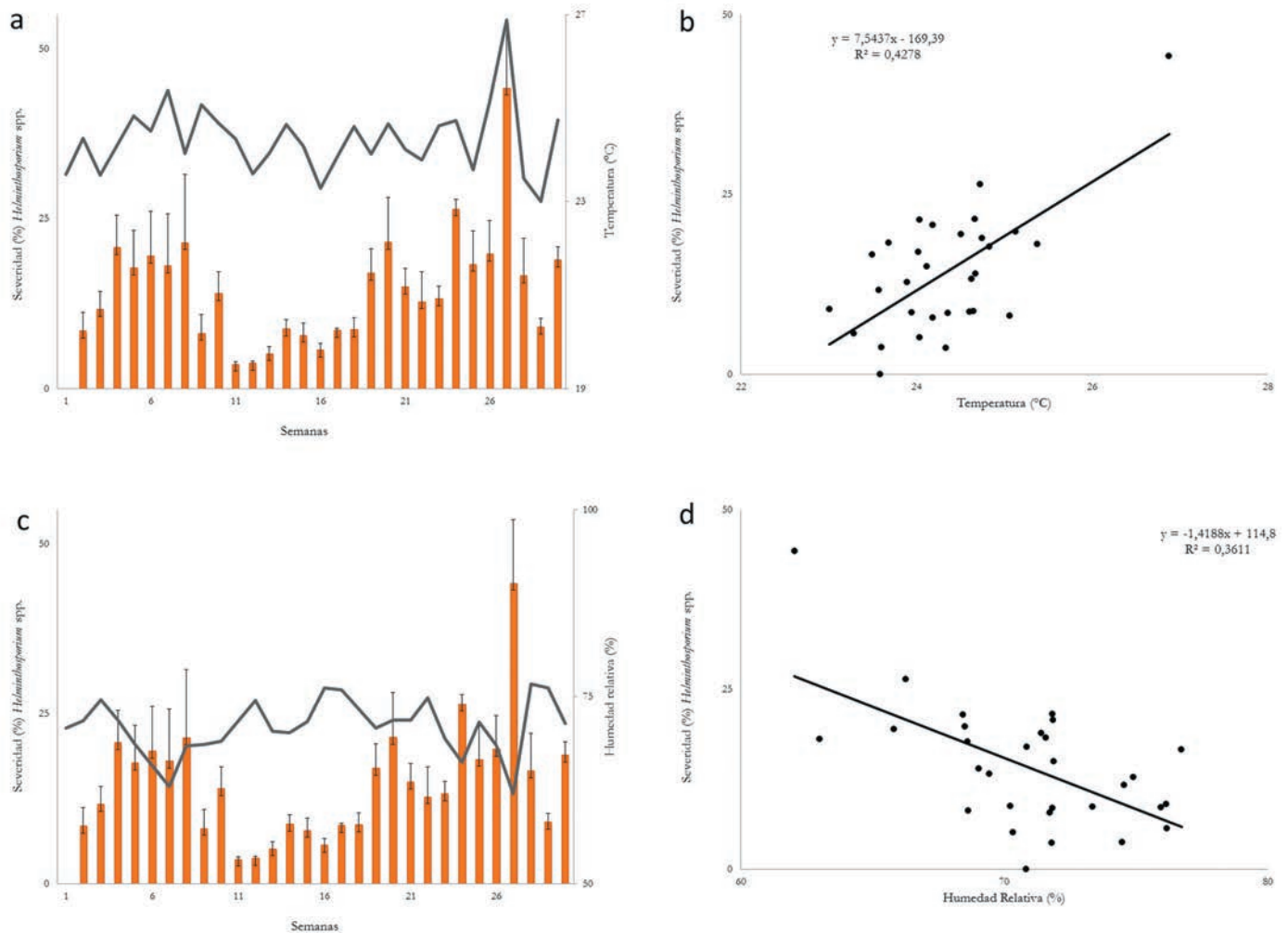


Fig. 4. Relación entre la temperatura media y la humedad relativa con el índice de severidad de la Mancha de ojo en hojas causada por *Helminthosporium* spp. sobre plantas de *H. orthotricha* cv Tricolor en la localidad de La Suiza. **a.** Índice de severidad de la Mancha de ojo vs temperatura media., **b.** Correlación entre la temperatura media e índice de severidad., **c.** Índice de severidad de la Mancha de ojo vs humedad relativa., **d.** Correlación entre la humedad relativa y el índice de severidad. Las líneas continuas indican los valores absolutos de la temperatura media y la humedad relativa. Las barras verticales de color naranja indican las medias del índice de severidad con su respectivo error estándar.

sobre todo cuando estas se encuentran a libre exposición, con baja humedad en el lote y labores culturales deficientes como por ejemplo una mala fertilización o la ausencia de podas sanitarias.

De igual forma, el índice de severidad de la mancha de ojo causada por *Helminthosporium* spp. sobre plantas de *H. orthotricha* cv Tricolor, se vió favorecida cuando la temperatura media presentó valores por encima de los 25°C y la humedad

relativa registró valores por debajo del 65 %. Iguaes resultados obtuvieron Ojeda & Subero (2006), quienes encontraron que un rango de temperaturas entre los 25°C y 30°C, y humedades relativas cercanas al 75 % son propicias para el crecimiento y esporulación de *Exserohilum* (= *Helminthosporium*) *turcicum* bajo condiciones de laboratorio. Estos rangos de temperatura también fueron encontrados óptimos para patógenos del género *Bipolaris* spp. y *Cochliobolus* spp. cuando

fueron evaluados el diámetro de la colonia y su patogenicidad bajo condiciones de laboratorio (Vinay et al. 1997).

En cuanto a la precipitación, esta no parece estar directamente relacionada con los ciclos infectivos de los patógenos pues no se encontró una correlación estadística con esta variable climática, sin embargo, no se descarta por completo que pueda estar involucrada en el proceso de dispersión del patógeno, esto concuerda con Alarcón & Bernal (2012), quienes señalan que el aporte que la precipitación le hace al ciclo infectivo tanto de *Colletotrichum* spp. como al de *Helminthosporium* spp. es solo catalogado como un agente dispersante, más no que influye en el proceso de patogénesis de la enfermedad. Igualmente Nair et al. (1983) y Yang et al. (1992) identificaron claramente dos métodos de dispersión de *Colletotrichum* spp. El primero y poco común, tiene que ver con las ascosporas de *Glomerella cingulata*, las cuales se encuentran dispuestas en peritecios inmersos en residuos de cosecha o en el suelo en estado de latencia a la espera de mejores condiciones para su infección. La lluvia y el viento, son los responsables de diseminar las ascosporas a inflorescencias sanas. El segundo método y muy común, tiene que ver con los conidios de *C. gloeosporioides*, los cuales se encuentran dispuestos en acérvulos sobre las inflorescencias infectadas, posteriormente la lluvia por salpique dispersa los conidios a inflorescencias nuevas, sin embargo, ellos aclaran que en ambos métodos de diseminación están completamente involucrados la cantidad y la frecuencia de la precipitación en el sitio de infección.

Conclusión

Se encontró mayor índice de incidencia y severidad en la localidad de La Suiza con un 42,7 % y 14 %, respectivamente, frente a lo evaluado en la localidad de La Granjita con un 8,4 % y 2,8 %, respectivamente. Igualmente, la tasa de desarrollo de la enfermedad presentó valores más altos, tanto para la incidencia de *Colletotrichum* spp. ($r = 0,41$), como para la severidad de *Helminthosporium* spp. ($r = 0,37$), en la localidad de La Suiza que bajo condiciones de la localidad de La Granjita. Entre los análisis climáticos evaluados en ambas

localidades para cada una de las variables de respuesta, la precipitación presentó menor significancia, a diferencia de la temperatura y la humedad relativa, quienes presentaron los mayores registros de significancia, concluyendo que el establecimiento de cultivos comerciales en zonas donde la temperatura media semanal supera los 25°C y la humedad relativa se encuentra por debajo del 70 %, existe una alta probabilidad que enfermedades limitantes como la Antracnosis de las inflorescencias causada por *Colletotrichum* spp. y la mancha de ojo causada por *Helminthosporium* spp., supere el 50 % y 25 % los índices de incidencia y severidad, respectivamente. Con base a estos resultados se propone el desarrollo y validación de un modelo predictivo de incidencia y severidad de enfermedades limitantes bajo un sistema de pronósticos climáticos de la temperatura media semanal.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias) por el apoyo económico brindado bajo el marco del programa Jóvenes Investigadores e Innovadores 2012-2013. Al grupo de investigación en Biodiversidad y Biotecnología, Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira. Al grupo de trabajo: Andrés Duque, Liliana Isaza y Juliana Arias. Al señor Humberto Ramírez, propietario de la Finca La Suiza y su administrador José Ledesma, y a los señores Myriam Flórez y José Norberto Morales, propietarios de la finca La Granjita y su administrador Libardo Usuga, quienes generosamente contribuyeron al desarrollo de la investigación. A los señores Alejandro Naranjo y Rodrigo Ramírez. Al fitopatólogo César Sierra M.Sc. (q. e. p. d.) quien con su experiencia y paciencia nos enseñó el manejo de hongos fitopatógenos y a quien recordaremos con cariño.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

Referencias

- Alarcón J (2010) Manejo fitosanitario y productivo de heliconias. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y Asociación Colombiana de Exportadores de Flores (ASOCOLFLORES), Bogotá, Colombia
- Alarcón J (2007) Enfermedades en la producción de heliconias en los departamentos de Caldas, Risaralda y Quindío. *Agronomía* 15(1): 45 – 61
- Alarcón J, Bernal M (2012) El cultivo de las heliconias: medidas para la temporada invernal. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Bogotá, Colombia
- Assis S, Mariano M, Gondim M, Menezes, Rosa R (2002) Doenças e pragas das helicônias. Diseases and pests of heliconias. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil
- Asociación Colombiana de Exportadores de Flores (ASOCOLFLORES) (2013) Boletín económico - Mayo de 2013, Dirección de asuntos económicos, Bogotá, Colombia
- Berry F, Kress WJ (1991) *Heliconia*. An identification guide. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. USA
- Barnett H, Hunter H (1998) Illustrated genera of imperfect fungi. Fourth edition. Burgess Publishing Company, Minnesota, USA
- Cannon P (1998) *Colletotrichum*. In: International Course on the Identification of Fungi of Agricultural and Environmental Significance. CABI Bioscience, Wallingford, UK
- Castaño J (2002) Principios básicos de fitoepidemiología. Centro Editorial Universidad de Caldas, Manizales, Colombia
- Castaño J, Salazar H (1998) Illustrated guide for identification of plant pathogens. Centro Editorial Universidad de Caldas, Manizales, Colombia
- Castaño J, Del Río ML (1994) Guía para el diagnóstico y control de enfermedades en cultivos de importancia económica. Tercera Edición. Zamorano Academic Press, Tegucigalpa, Honduras
- Castaño J, Del Río ML (1997) Manual para el diagnóstico de hongos, bacterias, virus y nemátodos fitopatógenos. Centro Editorial Universidad de Caldas – Zamorano Academic Press, Manizales, Colombia
- Connelly M (1999) Diseases of heliconia. Technical Officer of Plant Pathology, Hawaii, USA.
- Coutinho L (2001) Problemas de introdução de doenças no país através da aquisição de plantas ornamentais exótica. *Instituto Biológico da São Paulo* 63(1): 41-44
- Coutinho L (2006) Aspectos de fungus fitopatogênicos em plantas ornamentais e seu controle. São Paulo, Brasil
- Devia W (1995) Heliconias del Valle del Cauca. Instituto Vallecaucano de Investigaciones Científicas, Cali, Colombia
- Díaz JA (2006) Diagnóstico de la cadena productiva de heliconias y follajes en los departamentos del Eje Cafetero y Valle del Cauca, Organización de Naciones Unidas (ONU), Cali, Colombia
- Escalona F, Maciel N, Renaud J (1992) Un manchado de las inflorescencias de heliconias. *Fitopatología Venezolana* 5(2): 30-32
- Evans JD (1996) Straightforward statistics for the behavioral sciences. Brooks/Cole Publishing, Pacific Grove, California, USA
- Hanlin R (1990) Illustrated genera of Ascomycetes. Second edition. Vol. I. The American Phytopathological Society (APS), NJ, USA
- Hanlin R (1998) Illustrated genera of Ascomycetes. Vol. II. The American Phytopathological Society (APS), NJ, USA
- Kress W, Betancur J, Roesel C, Echeverry B (1993) Lista preliminar de las Heliconias de Colombia y cinco especies nuevas. *Caldasia* 17(82): 183-197
- Lins S, Coelho R (2004) Ocorrência de doenças em plantas ornamentais tropicais no Estado de Pernambuco. *Fitopatologia Brasileira* 29(3): 332-335
- López N (2012) Reconocimiento de problemas fitosanitarios causados por hongos, bacterias, virus y nemátodos en heliconias. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Colombia
- López N, Castaño J (2012) Characterization of phytopathogenic fungi, bacteria, nematodes and virus in four commercial varieties of heliconia (*Heliconia* sp.). *Revista Facultad de Agronomía* 65(2): 6697-6710
- Madríz R, Smits G, Noguera R (1991) Principales hongos patógenos que afectan algunas especies del género *Heliconia*. *Agronomía tropical* 41(5-6): 265-274
- Marulanda M, Isaza V (2004) Establecimiento *in vitro* de heliconias con fines de producción masiva. *Scientia et Technica*. 10(26): 193-197
- Maza V (2004) Cultivo, cosecha y poscosecha de heliconias y flores tropicales. Primera edición. Jardín Botánico, Medellín, Colombia
- Moreno A, López S, Corcho A (2000) Principales medidas en epidemiología. *Revista salud pública de México* 42 (4): 337-446

- Nair J, Newhook F J, Corbin, JB (1983) Survival of *Colletotrichum acutatum* f. sp. pinea in soil and pine debris. Transactions of the British Mycological Society 81: 53-63
- Ojeda A, Subero L (2006) Crecimiento y esporulación de *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Schoem., en diferentes medios de cultivo, condiciones de luz y temperatura. *Revista Facultad de Agronomía* 32: 145-154
- Turriago K (2004) Heliconias: flores exóticas de Colombia. Especialización en Horticultura. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia
- Rabelo C (2007) Fungos asociados ás plantas ornamentais trapiçais no Distrito Federal. Tesis de maestría en fitopatología. Universidade de Brasília, Brasil
- Santana C, Santos A, Almeida A, Nascimento A, França F (2009) Mancha de *Bipolaris* em helicônias (*Heliconia* spp.) no submédio São Francisco. *Revista verde* 4(2): 5-8
- Santos A, Santana C, Almeida A, Nascimento A, França F (2009) Fungos asociados a manchas foliares em *Heliconia psittacorum* cv. Golden Torch, no submédio São Francisco. *Revista verde* 4(4): 1-4
- Sewake K, Uchida J (1995) Pest management guidelines: diseases of heliconia in Hawaii. College of Tropical Agriculture and Human Resources, and Hawaii Cooperative Extension Service. University of Hawaii, Hawaii, USA
- Villegas N, Alarcón J, Galindo R (2005) Enfermedades limitantes en la producción de heliconias en los departamentos de Caldas, Risaralda y Quindío. *Fitopatología Colombiana* 29(2): 53-58
- Vinay K, Jariwala S, Kumary V (1997) Effects of physico-chemical factors on the growth of *Drechslera oryzae*. *Journal of Mycopathological Research* 35(2): 131-156
- Yang, XS, Madden LV, Reichard DL, Wilson LL, Ellis MA (1992) Splash dispersal of *Colletotrichum acutatum* and *Phytophthora cactorum* from strawberry fruit by single drop impactions. *Phytopathology* 82: 332-340

Factores climáticos y su influencia en la expresión de enfermedades fúngicas en cultivares de Heliconias

Resumen. Uno de los factores limitantes de la producción de heliconias en Colombia son las enfermedades de origen fungoso. La determinación del desarrollo del ciclo de estas enfermedades, se encuentran influenciadas por condiciones climáticas. Con el propósito de definir posible relación entre los elementos climáticos y la incidencia y severidad de las enfermedades de origen fungoso limitantes; se desarrolló análisis de correlación lineal sobre diez cultivares del género *Heliconia* en el departamento de Risaralda y Valle del Cauca. Se encontró relación directa entre la temperatura media semanal frente al índice incidencia de *Colletotrichum* spp. y el índice de severidad de *Helminthosporium* spp. Se concluye que la probabilidad del índice de incidencia y de severidad de este tipo de enfermedades limitantes, donde la temperatura media semanal supera los 25°C, sobrepase el 50 y 25 % respectivamente. Basados en estos resultados se propone el desarrollo y validación de un modelo predictivo de incidencia y severidad de enfermedades limitantes, bajo un sistema de pronóstico climático.

Palabras clave: Enfermedades de origen fungoso; *Heliconia*; Temperatura; Incidencia; Severidad.

Fatores climáticos e sua influência sobre a expressão de doenças fúngicas em cultivares de Helicônias

Resumo. Um dos fatores que limitam a produção de helicônias na Colômbia são as doenças fúngicas, as quais são influenciadas pelas condições climáticas que determinam o desenvolvimento do ciclo da doença. A fim de definir uma possível relação entre fatores climáticos e a incidência e gravidade das doenças, foi desenvolvida a análises de correlação linear de 10 cultivares do género *Heliconia* em municípios de Risaralda e Valle del Cauca. Encontrou-se uma relação direta entre a temperatura média em relação ao índice de incidência semanal de *Colletotrichum* spp. e índice de gravidade *Helminthosporium* spp. Conclui-se que a probabilidade do índice de incidência e de severidade deste tipo de doenças limitantes; nas zonas em que a temperatura média semanal exceda 25°C, excede os 50 e 25 % respectivamente. Com base nestes resultados, propomos o desenvolvimento e validação de um modelo preditivo de incidência e/ou gravidade de doenças limitantes, sob um sistema de previsão climática.

Palavras-chave: Doenças devido ao fungo; *Heliconia*; Temperatura; Incidência; Severidade.