

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE *Moniliophthora roreri* (CIF & PAR) E INTENSIDAD DE LA MONILIASIS DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN LA AMAZONÍA COLOMBIANA

Morphological characterization of *Moniliophthora roreri* (Cif & Par) and intensity of cacao moniliasis (*Theobroma cacao* L.) in the Colombian Amazon

Edgar Martínez-Moyano^{1*}, Lyda Constanza Galindo Rodríguez²

¹M.Sc. Laboratory of Plant Signal Transduction, Institute of Genetic Engineering and Molecular Biology (INGEBI), National Scientific and Technical Research Council (CONICET), Buenos Aires C1425FQB, Argentina

² Ph.D. Laboratorio de Micología y Fitoprotección, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de la Amazonía, Florencia, Colombia

* nacionaledgar2012@gmail.com

Recibido: 29 de noviembre 2023. Aceptado: 20 de diciembre de 2023

Resumen

El basidiomycete *Moniliophthora roreri* es el agente etiológico causante de la moniliasis, una enfermedad de los frutos del cacao (*Theobroma cacao* L.) que constituye la principal limitante fitosanitaria para el establecimiento de nuevas plantaciones en Colombia. Este estudio tuvo como finalidad evaluar la incidencia y severidad de la moniliasis sobre *T. cacao* en la Amazonia colombiana. Para lograr este objetivo, se seleccionaron dos fincas, una de ellas ubicada en el municipio de San José del Fragua y otra en el municipio de Florencia (Caquetá). Para la evaluación de la incidencia en cada una de las fincas, se realizaron muestreos mensuales durante el periodo de transición y seco. De esta forma, se escogieron 50 plantas al azar de cada una de las fincas y se determinó el porcentaje de incidencia de la enfermedad para cada localidad. Posteriormente, de cada una de las 50 plantas se tomaron tres frutos al azar para evaluar la severidad interna y externa siguiendo la escala descrita para esta variable.

Para la incidencia, los valores más altos se evidenciaron en el municipio de San José del Fragua en el periodo de transición (media=56%) y los más bajos se evidenciaron en el municipio de Florencia en el periodo seco (media=22%); la mayor severidad tanto interna como externa la presentó la localidad de Florencia en el periodo de transición con valores medios de 3,53 y 3,32 respectivamente; mientras que los valores más bajos se observaron en la localidad de San José del Fragua en el periodo seco (media= 1,22). Para los factores evaluados (localidad y periodo) se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$).

Palabras clave: incidencia, moniliasis, severidad interna, severidad externa.

Abstract

The basidiomycete *Moniliophthora roreri* is the etiological agent that causes moniliasis, a disease of cocoa fruits (*Theobroma cacao* L.) that constitutes the main phytosanitary limitation for the establishment of new plantations in Colombia. The purpose of this study was to evaluate the incidence and severity of moniliasis on *T. cacao* in the Colombian Amazon. To achieve this objective, two farms were selected, one of them located in the municipality of San José del Fragua and another in the municipality of Florencia (Caquetá). For the evaluation of the incidence in each of the farms, monthly samplings were carried out during the transition and dry season. In this way, 50 plants were chosen at random from each of the farms and the percentage of incidence of the disease for each locality was determined. Subsequently, three fruits were randomly taken from each of the 50 plants to evaluate internal and external severity following the scale described for this variable.

For the incidence, the highest values were evidenced in the municipality of San José del Fragua in the transition season (mean=56%) and the lowest values were evidenced in the municipality of Florencia in the dry season (mean=22%). ; the highest severity, both internal and external, was presented by the town of Florencia in the transition period with mean values of 3.53 and 3.32, respectively; while the lowest values were observed in the locality of San José del Fragua in the dry season (mean= 1.22). For the factors evaluated (locality and season) significant statistical differences were found ($p < 0.05$).

Keywords: incidence, moniliasis, internal severity, external severity.

Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es nativo de los trópicos húmedos (Enríquez, 1987), principalmente de la cuenca alta del río Amazonas entre Perú, Ecuador y Colombia sobre los ríos afluentes Caquetá, Napo y Putumayo (Baker *et al.*, 1992) posee una gran diversidad genética (Santos *et al.*, 2012). Actualmente es uno de los cultivos tropicales de mayor importancia a nivel mundial (ICCO, 2019) ambiental, social y

económico (Hebbar, 2007), debido a que es un producto de la canasta familiar de alto contenido nutricional (Gómez *et al.*, 2011).

Además, tiene un gran potencial en la elaboración de dulces, medicina y cosméticos (Quiñones *et al.*, 2013), debido a los beneficios que este posee. La mayor producción de este cultivo es generada por pequeños productores, siendo esta una actividad principalmente familiar (Hebbar, 2007), es cultivado principalmente en toda la zona tropical que está comprendida entre los 18° norte y 15° sur del ecuador geográfico (Santos *et al.*, 2012). Según la organización ICCO los lugares de mayor producción de cacao en el mundo son: Costa de Marfil y Ghana, a nivel de Sudamérica Brasil y Ecuador (ICCO 2019).

En Colombia el cultivo ha venido tomando importancia, debido a que se ha priorizado en los planes de desarrollo como alternativa y estrategia de solución a problemáticas ambientales y sociales “economías ilícitas, deforestación y posconflicto” que enfrenta el país, considerando en la actualidad el “cultivo de la paz” (Torres, 2017; Pineda, 2018), proceso que le ha permitido ir aumentando considerablemente sus áreas de 60.735,94 a 166.785,99 hectáreas y una producción de 57.467,12 a 86.870,99 toneladas entre los años 2007 y 2015 (Pineda, 2018). Por tanto, se postula como uno de los países suramericanos que produce cacao de alta calidad en aroma y sabor (Contreras, 2017) debido a su gran diversidad genética y condición ecoclimática (Carrillo *et al.*, 2014).

Sin embargo, la producción y economía de *T. cacao* se ve afectada por diferentes patógenos que generan daños principalmente en sus frutos y almendras, como la moniliasis, mazorca negra, y escoba de bruja, responsables a nivel global de pérdidas en la producción >30% (Hebbar, 2007). Siendo la moniliasis, enfermedad causada por el hongo *Moniliophthora roreri* (Evans, 2007) la principal limitante en los cultivares de cacao en la producción de grano en Colombia (Jaimes *et al.*, 2016), ocasionando pérdida drásticas que van del 40 al 100%, lo que ocasiona en la mayoría de los casos el abandono de los cultivos por parte del productor (Castellanos *et al.*, 2010; Jaimes *et al.*, 2011).

Por tanto, este estudio tuvo como finalidad evaluar la incidencia y severidad de la moniliasis del cacao bajo condiciones de la Amazonia colombiana, lo que permitirá tener un conocimiento más amplio sobre la sintomatología, etiología y funcionalidad del patógeno. Así mismo, con esta información se está generando el primer registro de esta enfermedad para la zona; lo cual servirá como base para la evaluación y posterior establecimiento de cultivares de cacao en la región, reconociendo el material con buena adaptabilidad y resistencia a problemas fitosanitarios como la moniliasis.

Metodología

Los muestreos se llevaron a cabo en dos municipios del departamento del Caquetá, San José del Fragua al occidente del departamento del Caquetá y al suroccidente

de Florencia a 58,4 kilómetros por la vía la Marginal de la Selva, ahora llamada la Troncal del Suroccidente Colombiano, a 01°21'4" N y 76°59'18" W. Esta región está caracterizada como bosque húmedo tropical, está a una altura de 540 msnm, su temperatura promedio es de 27°C, presenta una humedad relativa promedio de 92% y precipitación de 3,500 mm al año (Trujillo, 2010). El segundo sitio de muestreo se ubica en el Centro de Investigación Amazónica-CIMAZ Cesar Augusto Estrada González-MACAGUAL de la Universidad de la Amazonia, localizado en el casco urbano del municipio de Florencia a 22 km, a 1° 30' 4,9" N y 75° 39' 47,1" W. También se encuentra definido como bosque húmedo tropical a una altura de 250 msnm, su temperatura promedio 25,5°C, presenta una humedad relativa promedio de 76,3% y precipitación de 3,793 mm al año (Estrada y Rosas, 2007). En ambos sitios el tamaño del cultivo de cacao fue de 5 hectáreas, con una densidad de siembra de 127 plantas por hectárea y un modelo de plantación en surcos dobles de 3m por 3m entre planta y una distancia entre surco de 7m dispuestos en dirección de oriente a occidente (Rico y Suarez, 2018).

Fase de campo

El estudio se realizó en dos periodos del año: Transición y seco; el periodo de transición comprendido para los meses de junio, julio, agosto y septiembre y el seco para los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero. En cada localidad se seleccionó una plantación de cacao con el fin de contrastar la respuesta a las variables de severidad e incidencia de la enfermedad. De esta forma, 50 plantas se eligieron al azar por cada plantación; donde la incidencia fue evaluada como la relación porcentual entre el número de frutos enfermos (tres frutos por planta) y el número de frutos evaluados, utilizando la siguiente ecuación:

$$I(\%) = \left(\frac{N_i}{N_t} \right) \times 100$$

donde, N_i corresponde al número de frutos infectados y N_t el número total de frutos evaluadas

De igual forma, se colectaron tres frutos de tamaño grande (por planta) en los que se evaluó la severidad interna y externa de acuerdo con la escala propuesta por Sánchez *et al.* (1987). Esta escala presenta valores diagramáticos que van de 0 a 5 donde 0 indica fruto sano; 1, puntos aceitosos; 2, hinchazón y/o maduración prematura; 3, mancha (necrosis); 4, micelio hasta un 25% de la mancha necrótica y 5, micelio que cubre más del 25% de la mancha necrótica.

Fase de laboratorio

El aislamiento del hongo *M. royeri* se realizó en el Laboratorio de Micología y Fitoprotección de la Universidad de la Amazonia siguiendo la metodología propuesta por Phillips-Mora *et al.* (2006), en donde los frutos infectados, colectados al azar, fueron lavados con agua y jabón, posteriormente fueron depositados en un

recipiente con hipoclorito de sodio al 1,5%, dejándolos reposar durante un minuto y luego lavados con agua estéril durante 1 minuto. Con la ayuda de un bisturí esterilizado fueron realizados cortes en la zona afectada de la mazorca y se tomaron las muestras que fueron depositadas en el medio de cultivo Agar extracto de malta-AEM más Jugo V8.

En el caso de frutos con mayor grado de infección, se realizó la técnica de aislamiento directo con una aguja de disección de punta aguzada previamente esterilizada, con la que se transfirió el micelio del hongo y se realizó siembra directa en cajas de Petri, posteriormente fueron incubados a temperatura ambiente (25 ± 2 °C) aplicando fotoperiodo 12h luz/12h oscuridad durante 15 días (Phillips-Mora *et al.*, 2005).

Para la descripción macroscópica, se tuvo en cuenta las características morfológicas de las colonias obtenidas tales como forma, elevación, borde, coloración y textura de acuerdo con los criterios de Castaño (1952), Barros (1977) y Evans (1981). El aislamiento fue observado en el microscopio para corroborar la identidad de *M. royeri*. Se realizaron montajes en azul de metileno de la colonia del hongo desarrollado en AEM más jugoV8. La caracterización microscópica se realizó con la ayuda de las claves taxonómicas de Evans (1981) y Phillips-Mora *et al.* (2006), confrontándose las características macro-microscópicas y culturales con los esquemas propuestos en la literatura.

Fase de análisis

Para el análisis de las variables en campo se ajustó un modelo lineal general y mixto-MLGyM, donde el factor fijo fue el periodo, localidad e interacción y el efecto aleatorio fue la planta de donde se extrajo cada fruto; la variación se usó para apreciar varianzas de los datos al observar los efectos fijos, al igual la correlación residual se implementó para las observaciones de la época (variable de incidencia) o en una misma planta (variable de severidad), con simetría compuesta. El criterio de Akaike (AIC) y Bayesiano (BIC) se efectuó para escoger el mejor modelo. Las interacciones se evaluaron mediante la prueba LSD de Fisher (5% significancia). Las pruebas se corrieron en el programa InfoStat versión profesional 2020 (Di Rienzo *et al.*, 2020).

Resultados y discusión

Incidencia de moniliasis sobre T. cacao

En cuanto a la incidencia, el análisis de la varianza (ANOVA) respecto a la localidad (San José del Fragua y Florencia) mostró que no hubo diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$). Para el periodo se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$), donde los valores más altos los evidenció el periodo de transición ($79,00\pm 6,80a$) y los más bajos el seco ($25,25\pm 0,07b$) (Tabla 1). Los resultados de este estudio contrastan con lo reportado por Porras (1985), quien no encontró

diferencias significativas en la incidencia de la enfermedad entre épocas de evaluación para cultivares de *T. cacao* en condiciones similares.

Las notas altas de incidencia entre los periodos y las localidades coinciden con lo reportado por Phillips-Mora (2005), Polanco y Medina (2005), Jaimes et al. (2011) y Melgar et al. (2012), quienes reportaron incidencias mayores al 60%, las cuales concuerdan con la incidencia media reportada en este estudio, que se debe principalmente a la relación entre la humedad relativa alta, precipitaciones variables y la temperatura óptima para la proliferación de la enfermedad.

Para la interacción entre periodo*localidad hubo diferencias significativas ($p < 0,05$), donde los valores más altos los registró la interacción San José del Fragua-Transición ($89,00 \pm 9,62a$) y los más bajos la interacción Florencia-Seco ($10,00 \pm 9,62c$). En este sentido, es destacable que la incidencia contribuye a la selección de los mejores periodos de evaluación y lugares de siembra de materiales de cacao en diferentes regiones, ya que está involucra mecanismos de resistencia poligénica que impiden o favorecen el desarrollo del patógeno en las plantaciones (Phillips-Mora, 2005).

Tabla 1. Medias de la incidencia (%) de moniliasis (*M. roleri*) sobre *T. cacao* en la Amazonia colombiana.

Factor	Nivel	Incidencia
Periodo	Transición	$79,00 \pm 6,80^{a^b}$
	Seco	$25,25 \pm 6,80b$
	p-valor	0,002**
Localidad	Florencia	$39,50 \pm 6,80b$
	San José del Fragua	$64,75 \pm 6,80a$
	p-valor	0,075
Periodo*Localidad	Transición*Florencia	$63,40 \pm 9,62ab$
	Transición*San José	$89,00 \pm 9,62a$
	Seco*Florencia	$10,00 \pm 9,62c$
	Seco*San José	$42,50 \pm 9,62b$
	p-valor	0,001**

^aError estándar

^bValores en cada columna seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente (Prueba LSD de Fisher, $p < 0,05$)

Fuente: Elaboración propia

Severidad de moniliasis sobre T. cacao

Se presentaron diferencias significativas en la severidad externa entre localidades ($p < 0,05$), donde los valores más altos fueron para la localidad de Florencia ($1,91 \pm 0,07a$), mientras los más bajos fueron para San José del Fragua ($1,51 \pm 0,07b$); en cuanto al periodo se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$), donde los valores más altos se presentaron en el periodo de transición ($2,39 \pm 0,07a$) y los más bajos en el seco ($1,03 \pm 0,07b$). Para la severidad interna se vieron diferencias significativas para los factores localidad y periodo ($p < 0,05$), donde los valores más altos fueron para la localidad de Florencia ($1,20 \pm 0,07a$) y el periodo de transición ($1,75 \pm 0,07a$), mientras los más bajos se presentaron para San José del Fragua ($1,11 \pm 0,07b$) y periodo seco ($0,56 \pm 0,07b$) (Tabla 2). Estos resultados de severidad externa coinciden con los reportados por Polanco y Medina (2005); Jaimes *et al.* (2011); Melgar y González (2011) y Melgar *et al.* (2012), quienes indican que la enfermedad en frutos de cacao se da hasta la formación de necrosis en frutos con esporulación, lo que coincide con lo reportado en este estudio. De igual forma, Evans (1981), indica que no se puede determinar con precisión el grado de infección interna de los frutos de cacao a partir de la severidad externa de los mismos, ya que estos no se encuentran estrechamente relaciones y dependen del incremento del inóculo y de la expresión de los daños.

En cuanto a la interacción entre periodo*localidad para la severidad externa e interna se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$), donde los valores más altos los registró la interacción Transición-Florencia ($2,71 \pm 0,10a$) para severidad externa y severidad interna ($1,96 \pm 0,10a$). Los valores más bajos se mostraron en San José del Fragua-Seco para severidad externa ($0,94 \pm 0,10c$) y Florencia-Seco para severidad interna ($0,44 \pm 0,10c$). En este sentido, las menores notas de severidad interna en este estudio fueron similares a lo encontrado por Jaimes *et al.* (2011) y Melgar *et al.* (2012), quienes reportaron notas de 0,16 a 2,1; es decir, daños internos en el 16% de las almendras. De igual forma, los valores más altos reportados en este estudio concuerdan con lo encontrado por Arciniegas, (2005); Suárez *et al.* (2006) y Phillips-Mora (2012) quienes evidenciaron notas entre 2,3 y 5; es decir, con un necrosamiento interno entre el 60 y 100%, dada principalmente por periodos de lluvia prolongado y la densidad de siembra del cultivo.

Tabla 2. Medias severidad externa e interna de moniliasis (*M. rozeri*) sobre *T. cacao* en la Amazonia colombiana.

Factor	Nivel	Severidad Externa	Severidad Interna
Periodo	Transición	$2,39 \pm 0,07^{ab}$	$1,75 \pm 0,07^a$

	Seco	1,03 ± 0,07b	0,56 ± 0,07b
	p-valor	0,002**	0,001**
Localidad	Florencia	1,91 ± 0,07a	1,20 ± 0,07 ^a
	San José del Fragua	1,51 ± 0,07b	1,11 ± 0,07b
	p-valor	0,001**	0,002**
Periodo*Localidad	Transición*Floren- cia	2,71 ± 0,07a	1,96 ± 0,10 ^a
	Transición*San José	2,30 ± 0,07b	1,40 ± 0,10b
	Seco*Floren- cia	1,05 ± 0,07c	0,44 ± 0,10c
	Seco*San José	0,94 ± 0,07c	0,60 ± 0,10c
	p-valor	0,024**	0,002**

^aError estándar

^bValores en cada columna seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente (Prueba LSD de Fisher, $p < 0,05$)

Fuente: Elaboración propia

Identificación del hongo M. roreri

Quince días después de haber transferido el hongo *M. roreri* al medio AEM más jugo V8, se observó el desarrollo de colonias de coloración café claro-blanco debido a la acumulación de micelio y esporas, con una masa conidial pulverulenta; sin embargo, el mayor crecimiento de la colonia de *M. roreri* en medio de cultivo fue después de 24 días de incubación. De esta manera, fue posible identificar el hongo por medio de características morfológicas de las colonias, las cuales se caracterizaron por presentar un borde regular, textura pulverulenta y coloración café oscura (Figura 1A).

Es perceptible que el crecimiento de *M. roreri* se presentó de forma lenta, siendo ésta una característica importante para la conservación de las cepas bajo condiciones de laboratorio (Villamil *et al.*, 2012; Phillips-Mora *et al.*, 2006).

Por otro lado, con la ayuda del microscopio óptico y con objetivo de 100X, se realizó la observación de estructuras reproductivas del hongo, observándose hifas septadas, conidióforos y esporas globosas (Figura 1b). Evans (1981); Arguello, (1997) y Phillips *et al.*, (2006), indicaron que, en promedio de montajes de colonias del hongo, es posible la observación de conidióforos ramificados dando lugar a una cadena de esporas globosas, subglobosas y elípticas, además de hifas tabicadas, con dolíporos y conidios basipetalas.

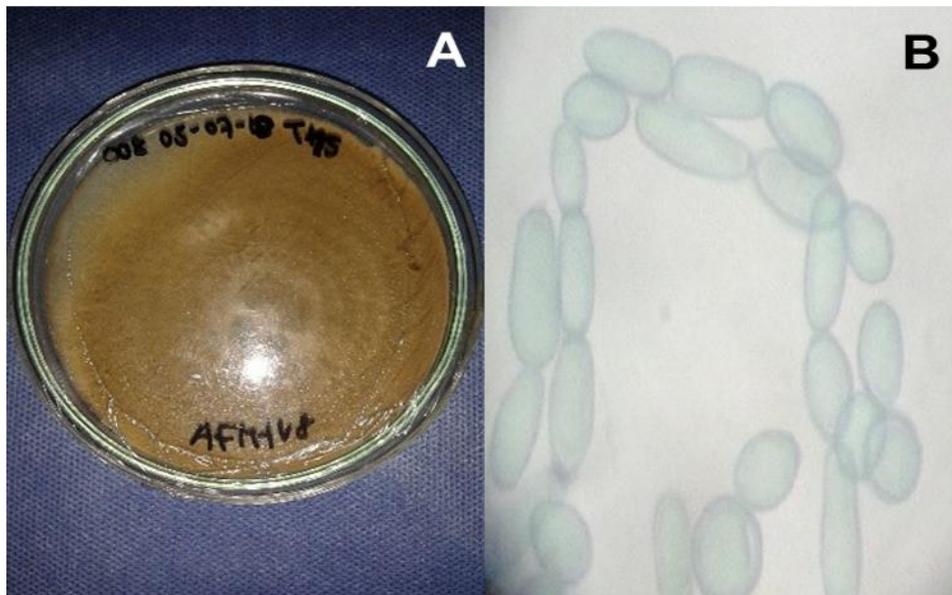


Figura 1. *M. roreri*. A. Anverso de la colonia en AEM más V8 luego de 24 días. B. Microscopia de *M. roreri*, objetivo 100X

Conclusiones

Se encontró que para la incidencia de la enfermedad los valores más altos los presentó el municipio de San José del Fragua en el periodo de transición y los valores más bajos el municipio de Florencia en el periodo seco, la mayor severidad de la moniliasis del cacao, tanto interna como externa, la presentó la localidad de Florencia en periodo de transición; mientras que los valores más bajos se observaron en la localidad de San José del Fragua en periodo seco. De igual forma, se aisló el hongo *M. roreri* en medio de cultivo AEM más jugo V8, permitiendo confirmar las características macro-microscópicas del hongo.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de la Amazonia por ser el ente financiador de este proyecto y a los integrantes del Semillero de Investigación en Micología de Microhongos Amazónicos MICROFUNGAL por el apoyo en campo.

Descargos de responsabilidad

Todos los autores realizaron aportes significativos al documento y están de acuerdo con su publicación y manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

Referencias

1. Albuquerque P, Bastos C, Luz E y Silva S. (2005). Doenças do cacauero (*Theobroma cacao*). In: Kimati H.; Amorim L.; Rezende J.A.; (eds) Man. Fitopatol., 4ta ed. Livroceres, Piracicaba, Brasil. 151 - 163.
2. Aránzazu F. (1990). Rehabilitación y renovación de Cacao. Curso Nacional de Cacao. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 107 - 113.
3. Arciniegas - Leal, A. (2005). Caracterización de árboles superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) seleccionados por el programa de mejoramiento genético del CATIE. Tesis (Magíster Scientiae) - Programa de Enseñanza para el Desarrollo y la Conservación - Instituto Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 144p.
4. Arguello, O. (1997). Evaluación de materiales de cacao por resistencia a *Moniliophthora roreri* en Santander. Tercer Seminario Técnico de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Bucaramanga, Colombia: Corpoica, p.p 23-28
5. Baker, R. E. D. (1992). The Anglo-Colombian cacao collecting expedition. *The Anglo-Colombian cacao collecting expedition*.
6. Barros O. (1977). Investigaciones sobre el hongo *Moniliophthora roreri* Cif. and Par., causante de la pudrición acuosa de la mazorca del cacao; sus daños y su control. *El Cacaotero Colombiano* 3:42 - 52.
7. Carrillo, L. C., Londoño-Londoño, J., & Gil, A. (2014). Comparison of polyphenol, methylxanthines and antioxidant activity in *Theobroma cacao* beans from different cocoa-growing areas in Colombia. *Food Research International*, 60, 273-280.
8. Castaño J. J. (1952). Moniliasis del cacao en una región del departamento de Caldas, *Agricultura tropical*, 6, 21-25 p.}Castellanos Domínguez, Ó. F., Torres Piñeros, L. M., & Flórez, D. H. (2010). Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la panela y su agroindustria en Colombia.
9. Charry, A. Jager, M. Hurtado B. J. J., Rosas, G., Orjuela, J. A., Ramos, P. F., Giraldo, E., Romero, M., Sierra, L., y Quintero, M. (2017). Estrategia Sectorial de la Cadena de Cacao en Caquetá, con Enfoque Agroambiental y Cero Deforestación. p 6, 16-17 en: https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/91547/Vision_Amazonia_Cacao_Caqueta_web-definitivo.pdf?sequence=1
10. Contreras, C. (2017). *Análisis de la cadena de valor del cacao en Colombia: generación de estrategias tecnológicas en operaciones de cosecha y poscosecha, organizativas, de capacidad instalada y de mercado* (Doctoral dissertation, Tesis de Magíster en Ingeniería Agrícola). Universidad Nacional de Colombia).
11. Cubillos G y Aranzazu F. (1979). Comparación de tres frecuencias de remoción de frutos enfermos en el control de *Monilia roreri* Cif & Par. *El Cacaotero Colombiano* 8:27 - 34.

12. Di Rienzo J, Casanoves F, Balzarine M, Gonzales L, Tablada M y Robledo C. (2020). InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat. FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
13. Enríquez, G. A. (1987). Manual de cacao para agricultores. EUNED.
14. Estrada C. y Rosas G. (2007). Centro de Investigaciones Amazónicas Macagual (CIMAZ). Universidad de la Amazonia. 44.
15. Evans H, Stalpers J, Samson R y Benny G., L. (1981). On the taxonomy of *Monilia roreri*, an important pathogen of *Theobroma cacao* in South America. *Can J Bot* 56: 2528-2532
16. Evans H, Holmes K y Reid A. (2003). Phylogeny of the frosty podrot of cocoa. *Plant Pathology*. 52: 476-485.
17. Federación Nacional de Cacaoteros-FEDECACAO (2017). La productividad es el camino. Reporte de Fedecacao. p. 4. Tomado de <http://www.fedecacao.com.co/portal/index.php/es/2015-04-23-20-00-33/408-en-29-crecio-produccion-de-cacao-en-el-primer-trimestre-16/05/2017>.
18. Fernández J, Valenzuela J, Restrepo A y Aristizábal R. (2012). El cultivo de cacao: Paquete tecnológico fomento empresarial agrícola. Medellín, Colombia. Compañía nacional de chocolates S.A.S. 12
19. Fondo nacional del Cacao. (2011). Campaña contra la Moniliasis del cacao. Revista impresa volumen 2.
20. García O, Macedo J, Tibúrcio R y Zapparoli G. (2007). Characterization of necrosis and ethylene-inducing proteins (NEP) in the basidiomycete *Moniliophthora perniciosa*, the causal agent of witches' broom in *Theobroma cacao*. *Mycol. Res.* 111:443 - 455.
21. Gómez, M. S. H. (2007). Manual de manejo de cosecha y postcosecha de frutos de Arazá (*Eugenia stipitata* Mc. Vaught) en la Amazonia colombiana. SINCHI.
22. International Cocoa Organization-ICCO. (2019) Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics. www.icco.org. Consultado 19 de abril 2021.
23. Jaimes Y. y Aránzazu F. (2010). Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Colombia, con énfasis en *Monilia* (*Moniliophthora roreri*). CORPOICA. Colombia. 90.
24. Jaimes, Y.; Aranzazu, F.; Rodríguez, E.; Martínez, N. (2011). Behavior of introduced regional clones of *Theobroma cacao* toward the infection of *Moniliophthora roreri* in three different regions of Colombia. *Agronomía Colombiana*, Santander, v. 29 n.1, p. 171-178.
25. Jaimes, Y. Y., Gonzalez, C., Rojas, J., Cornejo, O. E., Mideros, M. F., Restrepo, S., ... & Furtado, E. L. (2016). Geographic differentiation and population genetic structure of *Moniliophthora roreri* in the principal cocoa production areas in Colombia. *Plant disease*, 100(8), 1548-1558.
26. Johnson J, Bonilla J y Agüero L. (2008). Manual de manejo y producción del cacaotero. León, Nicaragua 40.
27. Martínez, C. (2005). Cadena productiva del cacao: diagnóstico de libre competencia. *Industria Y Comercio*, p. 6.

28. Melgar, J.Y.; González, A. (2011). Resultados de evaluación de la reacción de germoplasma de cacao a la moniliasis en Honduras por medio de inoculación artificial. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). Departamento de Protección vegetal. Programa de cacao y Agroforestería. Informe Técnico, p. 45-50.
29. Melgar, J.; Reyes, Z.; Rivera, J.; Sánchez, J.; Dubón, A. (2012). Avances en la evaluación en Honduras de germoplasma de cacao presumiblemente resistente a la moniliasis. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). Programa de cacao y Agroforestería. Departamento de protección vegetal Informe Técnico, p. 6.
30. Merchán V. (1981). Avances de la investigación de la moniliasis del cacao en Colombia. El cacaotero colombiano 16:26 - 41.
31. Pineda Jaimes, A. L. (2018). El cacao: una apuesta para la transformación del territorio en el occidente de Boyacá.
32. Phillips W, Krauss U, Evans H y Wilkinson, M. (2003). Genetic diversity of the cacao pathogen *Moniliophthora roreri* (Cif.) Evans et al. in tropical America. Proceedings of the Fourteenth International Cocoa Research Conference. Accra, Ghana: Cocoa Producers' Alliance, (Abstract, 60).
33. Phillips-Mora W, Castillo J, Krauss, U, Rodriguez E, y Wilkison, M. J. (2005). Evaluation of cacao (*Theobroma cacao*) clones against seven colombian isolates of *Moniliophthora roreri* from four pathogen genetic groups. Plant Pathol. 54:483 - 490.
34. Phillips, W., Coutino, A., Ortiz, C. F., Lopez, A. P., Hernandez, J., y Aime, M. C. (2006). First report of *M. roreri* causing frosty pod rot (moniliasis disease) of cocoa in Mexico. Plant Pathology, 55(4), p. 584-584. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2006.01418.x>
35. Phillips-Mora, W.; Arciniegas-Leal, A.; Mata-Quirós, A.; Motamayor-Arias, J. C. (2012). Catálogo de clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembras comerciales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Programa de Mejoramiento Genético de Cacao, Turrialba, p. 68.
36. Polanco, L.; Medina, J. (2005). Caracterización de clones de cacao por la respuesta a Monilia (*Moniliophthora roreri* (Cif & Par) en Santander. Fitopatología Colombiana. Palmira. v. 28, n. 2, p. 61-64.
37. Porras, V. (1985). Determinación de la estabilidad de la resistencia a *Monilia roreri* en cultivares de cacao en dos zonas de Costa Rica. Tesis (Magister Scientie) - Facultad de Protección Vegetal- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba. 124p.
38. Quiñones Gálvez, J., Trujillo Sánchez, R., Capdesuñer Ruiz, Y., Quirós Molina, Y., & Hernández de la Torre, M. (2013). Potencial de actividad antioxidante de extractos fenólicos de *Theobroma cacao* L.(cacao). Revista cubana de plantas medicinales, 18(2), 201-215.
39. Rico A y Suárez J. (2018). Biomasa de raíces finas en arreglos agroforestales con cacao en la Amazonia occidental colombiana. Revistas de ciencias

- agrícolas de Nariño. 34 (1): 26-3. DOI <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.80>
40. Sánchez J, Brenes O, Phillips W y Enríquez G. (1987). Metodología para la inoculación de mazorcas de cacao con el hongo *Moniliophthora roreri* (Monilia). En: Proceedings of the Tenth International Cocoa Research Conference, 467-72, 1988. Cocoa Producers' Alliance, Santo Domingo.
 41. Santos, R. C., Pires, J. L., & Correa, R. X. (2012). Morphological characterization of leaf, flower, fruit and seed traits among Brazilian *Theobroma L.* species. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59(3), 327-345.
 42. Suárez, C.; Amores, F.; Lopez, O. (2006). New sources to resistance to *Moniliophthora roreri*. Developing Effective Sustainable Crop Protection Systems for Increased Cocoa Production. National Cocoa Program, INIAP.
 43. Torres, L. A. C. (2017). Oferta productiva del cacao colombiano en el posconflicto. Estrategias para el aprovechamiento de oportunidades comerciales en el marco del acuerdo comercial Colombia-Unión Europea. *Equidad & Desarrollo*, (28), 167-195.
 44. Trujillo, D. (2010). Proyecto De Plan De Salud Territorial 2008 - 2011 San José Del Fragua Caquetá. Recuperado de <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/sanjosedelfraguapts2008-2011.pdf>
 45. Villamil J. Blanco J, y Viteri, S. (2012). Evaluación *in vitro* de Microorganismos Nativos por su Antagonismo contra *Moniliophthora roreri* Cif & Par en Cacao (*Theobroma cacao L.*). *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía de Medellín*. 65(1):6305 - 6315.