



Análisis sobre el Manejo de La Monilia en los Cultivos de Cacao (Theobroma cacao L.) en Colombia

xxxxxxxxxxxx
xxxxxxxxxxxx
xxxxxxxxxxxx

🍃 Resumen 🍃

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) ocupa un renglón importante para el desarrollo agrícola de Colombia, ante lo que todo lo relacionado con las principales patologías que pueden afectarlo se focalizan en términos investigativos. La moniliasis, causada por *Moniliophthora roreri* (Cif & Par) es considerada la principal enfermedad que afecta al cultivo del cacao en Colombia, por lo que presente revisión tuvo el propósito de identificar las principales estrategias de manejo de la patología en los cultivos de cacao en el país. Para la realización de esta revisión fueron implementadas búsquedas específicas de artículos de investigación en diferentes idiomas en las principales bases de datos académicas Science Direct, Springer Link y Scopus. Como resultado fue verificado el uso de defensivos agrícolas en el control de monilia y sus implicaciones directas en el costo de producción. De igual manera, fueron analizados otros tipos de control, por ejemplo, el genético y cultural y los métodos alternativos entre los que se destacan el uso de aceites esenciales y otros compuestos.

Palabras claves:

Moniliophthora roreri, producción, control, revisión sistemática.

🍃 Abstract 🍃

Analysis on the management of La Monilla in Cacao Crops (*Theobroma cacao* L.) in Colombia.

The cultivation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) occupies an important line for agricultural development of Colombia, given that everything related to the main pathologies that can affect it is They focus on investigative terms. Moniliasis, caused by *Moniliophthora roreri* (Cif & Par) is considered the main disease that affects cocoa cultivation in Colombia, so it presents The review had the purpose of identifying the main strategies for the management of the pathology in crops of cocoa in the country. To carry out this review, specific searches for research articles in different languages in the main academic Science databases Direct, Springer Link and Scopus. As a result, the use of agricultural pesticides was verified in the control of monilia and its direct implications in the cost of production. Similarly, other types of control, for example, genetic and cultural and alternative methods among which stand out the use of essential oils and other compounds.

Keywords:

Moniliophthora roreri, production, control, systematic review.

Autora:

Maria Angelica Losada Olarte

✿ Introducción ✿

• *Generalidades del cultivo del cacao.*

El cacao (*T. cacao* L.) es nativo de regiones tropicales húmedas de América del Sur en la Amazonía y el Orinoco (Rojas y Sacristán 2013). Las plantas de cacao de genotipos precoces cultivadas a partir de semillas, producen sus primeras flores dos años después de la germinación (Mossu 1990). Las vainas generalmente requieren de cuatro a siete meses para tonarse maduras y el número por árbol es altamente variable, oscilando entre cero y 200 (Wibaux et al. 2017). El porcentaje de vainas para la floración varía entre 0.5 a 5%, y la polinización natural es llevada a cabo por insectos (Adjaloo y Oduro 2013, Glendinning 1972), siendo el ciclo productivo de un árbol de aproximadamente 40 años. La producción de frutos comienza entre los 2 a 4 años, aumentando su rendimiento anualmente hasta los 10 años, momento en que se estabiliza hasta el declive de su curva de producción. Su rendimiento por hectárea depende directamente del modelo de plantación utilizado (De Almeida y Valle 2010).

En términos socio-económicos, el cultivo de cacao tiene larga tradición en Colombia donde el producto procesado es ampliamente consumido como bebida diaria; por tal motivo, este sector agrícola se ha convertido en prioridad para el gobierno, como uno de los cultivos promovidos dentro de los programas de desarrollo que buscan favorecer la paz en regiones de pos-conflicto y sustituirlo por cultivos anteriormente usados para fines ilícitos (ICA 2013).

• *La Producción del cacao*

El mercado de cacao (*Theobroma cacao* L.) ha sido dinámico y creciente en los últimos años, ubicándose su producción mundial en 4.192 millones de toneladas (t) aproximadamente entre 2015 y 2016 (FAO 2018). De este total, 72% fue producido en África, 10% en Asia y Oceanía y el 18% restante proviene de América Latina, países en los cuales se produce en promedio 744.000 t. Para Colombia, la producción estimada de Cacao en 2016 fue de 56.163t en 165.844ha cultivadas (FAO 2018). El departamento con mayor producción a nivel nacional fue Santander, con un aporte aproximado cercano al 32% del total nacional (DANE 2016).

En relación al departamento del Caquetá, el área de producción estimada es de 1.600 ha (Secretaría de Agricultura Departamental del Caquetá 2017; DANE 2016; Agronet, 2014), registrando 950t aproximadamente. Los municipios con mayor producción son El Doncello, Paujil, Puerto Rico, Florencia, Cartagena del Chairá y San Vicente del Caguán (MADR 2017). Sin embargo, los principales factores que inciden negativamente en la producción y calidad del producto final están relacionados con problemas fitosanitarios, especialmente de origen fúngicos, pudiendo ocasionar pérdidas de hasta el 30% en la producción (Kebbar 2007). Entre las enfermedades fúngicas más importantes del cultivo de cacao en Colombia se destacan: La moniliasis (*Moniliophthora roreri*) y la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) antes conocida como *Crinipellis perniciosa* (Phillips-mora, 2003).

• ***Monilia (Moniliophthora roreri (Cif & Par)***

› ***Aspectos generales de la enfermedad y pérdidas en la producción***

En los países latinoamericanos en los que se identifica la presencia de *M. roreri* (Fig1), la enfermedad es conocida como Moniliasis, Monilia, Mancha Helada, Nieve, Pasto, Paludismo y Pringe (Evan 1986; Griffith et al. 2003). La diseminación de la enfermedad fue relativamente bien documentada desde inicio del siglo XX, cuando el hongo causó el primer brote infeccioso en Ecuador, el mayor productor mundial de cacao en la época (Roger 1918). El brote en ese país fue ampliamente considerado como el primer registro de monilia, y probablemente habría sido el lugar de origen de la enfermedad. No obstante, Phillips-Mora (2003) y Aime y Phillips-Mora (2005) indicaron que la monilia apareció primero en Colombia, en el departamento de Norte de Santander en 1817 y posteriormente en el departamento de Antioquia en 1851.



Fig1. Distribución mundial de moniliasis del cacao provocada por *M. roreri*.
Fuente: Pérez (2018).

La aplicación de herramientas moleculares ha permitido avances en la comprensión filogenética de diversos hongos (principales agentes causales de las enfermedades que afectan al cacao). Evidencia molecular incluyendo análisis de AFLP, perfiles ISSR y secuencias ITS (Phillips-Mora 2007), indican que la gran diversidad genética de *M. roreri* es encontrada en la región nororiental-central de Colombia. Estos estudios también suministran evidencia que Colombia, además de Ecuador, probablemente sería centro de origen de la enfermedad.

Metodología

Se realizó la búsqueda sistemática de literatura en las bases de datos más empleadas por la comunidad académica, Science Direct, Springer Link y Scopus, y exploraron los artículos con base en la siguiente ruta general: [(“Theobroma cacao”; “cocoa”; “cacao”)]; [(“Moniliophthora roreri”; “monilia”; “moniliasis”) y ; [(“control”, “métodos de control”, “manejo”)]. La búsqueda se realizó en idioma español, inglés y portugués sin la utilización de filtro para fecha de publicación.

Fueron incluidos artículos originales de investigación, así como artículos de revisión en los cuales se registraban tópicos claves para el cumplimiento del objetivo del presente trabajo, de esta manera, fueron tenidos en cuenta documentos que reportaran generalidades del cultivo del cacao, datos precisos de producción mundial, nacional y local, fuentes de pérdidas de producción destacando el impacto negativo de las enfermedades. En el caso específico del patógeno fueron considerados aquellos documentos en los que se reporta el mecanismo de acción del patógeno, los síntomas de la enfermedad en el hospedero, aspectos epidemiológicos y de desarrollo de la enfermedad, y finalmente los métodos de control, dando énfasis, a los más utilizados en el campo.



✿ Resultados y Discusión ✿

Los efectos devastadores de la monilia en cultivos de cacao fueron bien documentados en diferentes países, incluyendo Colombia en 1817 (Anonymous 1832), Ecuador en 1918 (Roger 1981), Costa Rica en 1978 (Enriquez et al. 1982) y México en 2005 (Phillips-Mora et al., 2006). Las pérdidas actuales son altamente variables oscilando entre 10 a 100% dependiendo de factores como tiempo en que la enfermedad ha estado presente en el área, edad de la plantación y técnicas de manejo del cultivo y de la enfermedad, presencia de plantaciones vecinas afectadas y condiciones climáticas. La mayoría de informes y boletines reportan pérdidas aproximadas de 30%, pero las pérdidas reales podrían superar el 90% bajo condiciones favorables. En algunas áreas de Colombia, como San Vicente del Caguán (Caquetá) y en diferentes municipios del departamento del Chocó, la enfermedad ha causado pérdidas superiores a 80% (Barros 1981), llevando al abandono de las plantaciones y consecuentemente a la pérdida de fuente de ingresos de familias campesinas.

• *Etiología*

El agente causal de la enfermedad fue descrito inicialmente como *Monilia roreri* Ciferri (apud Ciferri y Parodi 1933); posteriormente, la especie fue redescrita y un nuevo género, *Moniliophthora*, fue propuesto debido a la presencia de septos de tipo diloporo (Drenth y Guest 2016). Actualmente el nombre de la especie es universalmente conocido como *Moniliophthora roreri*. El hongo produce hifas hialinas septadas y presenta conidios hialinos formados en cadena, que varían de esféricos a elípticos (Sanz, 2007).

• *Mecanismo de infección de M. roreri y síntomas en el hospedero.*

En condiciones de campo la enfermedad solo ha sido encontrada sobre frutos. Entre tanto, en condiciones experimentales, después de realizar inoculaciones artificiales con *M. roreri*, algunas infecciones han sido observadas en plántulas y lanzamientos foliares. La penetración e infección pueden ocurrir en cualquier fase de desarrollo del fruto, sin embargo, estos son más susceptibles durante los tres primeros meses de edad (Fig2).

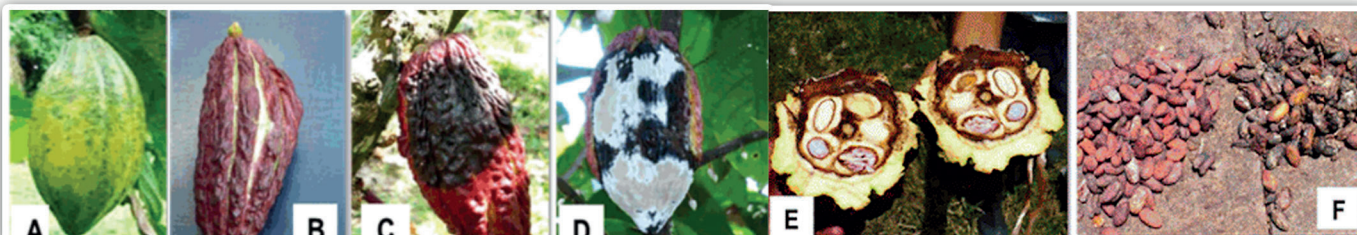
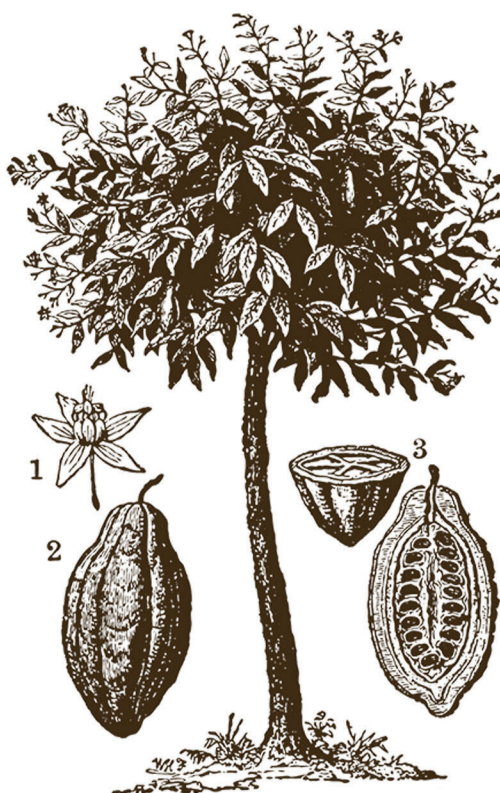


Fig2. Síntomas de moniliasis: **A)** primeros síntomas acuosos (hidrosis); **B)** tumefacción; **C)** mancha parda; **D)** fruto con esporulación; **E)** necrosis interna de mazorcas afectadas; **F)** granos sanos (izquierda) e infectados (derecha). Fuente: Pérez-Vicente (2018).

Después de la penetración en el fruto, el hongo se desarrolla intercelularmente en las células del parénquima cortical, presentando período de incubación superior a 35 días (Maya et al. 2004). Aunque en frutos jóvenes puedan ser observadas áreas con crecimiento anormal, formando protuberancias pronunciadas en la superficie de los frutos (hinchazón), semejantes a los síntomas de mal formación producidos por *C. perniciosa*, síntomas externos pueden estar completamente ausentes hasta la formación de lesiones entre 45 a 90 días después de la penetración del hongo. De acuerdo con Evans et al (1978), esta podría ser considerada como la fase biotrófica del hongo, mientras que la necrotrófica, que puede ser precedida por la maduración irregular y prematura, se desarrolla rápidamente con la aparición de lesiones irregulares con coloración café-chocolate o castaño-oscuro, que van aumentando gradualmente, cubriendo toda la superficie del fruto, aunque las infecciones tardías, lesiones restringidas de color, castaño-oscuro, y deprimidas, son predominantes (Ram et al. (2004). Alrededor de 3 a 8 días después del inicio de la lesión, crecimiento micelial blanco cremoso es observado sobre los tejidos infectados, siendo inmediatamente cubiertos con una masa densa pulverulenta, constituida por las esporas del hongo, que van cambiando gradualmente de coloración gris a marrón.

Los síntomas de la enfermedad pueden variar con la edad del fruto y el tipo de material genético (Rodríguez et al. 2005). Los tejidos en los lugares de las semillas pueden ser substituidos por sustancias acuosas o gelatinosas desorganizadas, mientras que las semillas se encuentran generalmente adheridas unas a otras y a la pared interna de los frutos, tornándolas muchas veces difícil de ser removidas. Tales frutos son normalmente más pesados que los sanos, y en ausencia de esporulación, los frutos maduros infectados son de forma general indistintos de aquellos infectados con escoba de bruja (Solís et al 2009).



• **Aspectos Epidemiológicos**

De acuerdo con Evans (1981), *M. roreri* es capaz de crecer en amplio rango de condiciones climáticas, desde 0 hasta 1000 msnm y desde áreas secas (<60 %HR) a áreas húmedas (>90 %HR). Phillips-Mora (2003), colectó muestras del hongo desde 0 hasta 1520 msnm en lugares donde la precipitación anual oscila entre 780 a 5.500 mm y temperatura promedio anual entre 18.6 y 28°C. Esta alta adaptación a diferentes ambientes y el alto número de esporos de larga duración generados en cada ciclo infeccioso han hecho de *M. roreri* un patógeno efectivo para invadir nuevas regiones geográficas.

En Ecuador, por ejemplo, el ciclo de la enfermedad se inicia en el comienzo de la estación lluviosa (diciembre-enero), a partir de fuentes de inóculo primarias constituidas principalmente por esporas producidos en la superficie de frutos maduros infectados o en frutos momificados presos en la planta (Díaz-Valderrama 2016); de esta manera, frutos momificados dejados en la copa son considerados la principal fuente de inóculo para el inicio de nuevas infecciones, mientras que aquellos que caen en el suelo son degradados por microorganismos dejando de tener papel importante en la diseminación de la enfermedad (Lopes y Martins 2005). La presencia de agua libre permite la germinación de los conidios como también remueve el inóculo de los frutos momificados en la copa, diseminándolo en sentido descendiente. Existe correlación directa entre la cantidad de lluvia en el período de floración y formación de frutos y la ocurrencia de la enfermedad, siendo que condiciones de clima secos son desfavorables a la infección (Krauss et al 2010).

• **Manejo**

La implementación de áreas de escape, es decir, el establecimiento de cultivos en lugares donde las condiciones ambientales sean desfavorables al crecimiento de *M. roreri*, es la estrategia preventiva más efectiva en el control de la monilia. (Jaimes y Aranzazu 2010). La diseminación de hongo *M. roreri* mediada por prácticas humanas para nuevas áreas y países representa la amenaza más seria (Johnson et al 2008).

Mayores esfuerzos deben ser realizados para reforzar medidas cuarentenarias y capacitar a los productores sobre los riesgos de introducir material vegetal proveniente de áreas afectadas (Krauss y Soberanis 2001). Mientras esta medida toma fuerza, en los campos aún se implementan métodos convencionales para el manejo de la enfermedad, entre los que se destacan, el control cultural, químico, genético, biológico y/o alternativo (Hebbbar 2007).

• **Control Químico**

Diferentes moléculas químicas son empleadas en los cultivos cacaoteros para el manejo de la monilia. El oxiclورو de cobre ha sido eficiente para tal fin, así como otros defensivos agrícolas entre los cuales se destacan el Mancozeb (MA) y el Benomil (BE). Otros fungicidas minerales como el silicosulfocálcico y polisulfuro de calcio, han presentado inhibición completa siendo efectivos, de fácil manejo y bajos costos para los productores (Ochoa-Fonseca, 2017).

De acuerdo con Lopes et al. (2009), el empleo de fungicidas a base de cobre (hidróxido de cobre y oxathin flutolanil) y otros como el azoxystrobin y el propiconazole ha resultado en

reducción significativa de la enfermedad al aumentar la producción de mazorcas, comparado con lotes donde ningún manejo químico fue utilizado. Sin embargo, este tipo de control puede generar altos costos además del cuidado en la frecuencia de pulverizaciones para evitar la selección de aislamientos y/o razas resistentes a esas moléculas químicas. Adicionalmente, debe considerarse el impacto negativo al ambiente y la salud humana.

• **Control Biológico**

Agentes biocontroladores están siendo usados para el manejo de diversas enfermedades de cultivos alrededor del mundo. Para el cacao, especies fangales de *Trichoderma* han mostrado efectividad en controlar el crecimiento de *M. royeri* y prevenir pérdidas económicas a los productores por efecto de la intensidad de los síntomas de monilia. En una investigación conducida por Krauss y Soberanis (2001), tres cepas de *Trichoderma* spp fueron aisladas de mazorcas sanas de cacao y evaluadas junto con *Trichoderma virens* para el potencial control de monilia. Todos los tratamientos evaluados fueron efectivos en la reducción de la enfermedad oscilando entre 14.6% y 24.9% de control de la enfermedad, este control y la producción fueron positivamente correlacionados a la concentración de inóculo empleada.

En otro estudio realizado por Aneja et al (2005) fue evaluado el efecto de concentraciones de ácido nonanoico producido por *Trichoderma harzianum* en el control de monilia. Los autores verificaron inhibición en la germinación de esporos de *M. royeri* de 75% en un ensayo *In vitro* cuando aplicados 0.62 μ M del ácido. En contraste no fue observado inhibición del crecimiento micelial del hongo. Este resultado sugiere que compuestos producidos por especies de *Trichoderma* juegan papel importante para el efectivo control de *M. royeri*.

• **Control Genético**

La distribución de genotipos resistentes como parte de un enfoque para el manejo de la enfermedad, representa una estrategia ambientalmente amigable de largo plazo para pequeños productores (Torres de la Cruz et al 2011). Genotipos resistentes podrían proveer control más duradero y menos costoso pudiendo ser usado para complementar otros métodos de control. El éxito del desarrollo y propagación de estrategias efectivas para el control de la moniliasis depende en gran medida del conocimiento de aspectos específicos de la biología de *M. royeri*, como la distribución y diversidad genética del hongo (Tiburcio et al 2010). En este sentido, análisis de distancia genética y biogeográfica, morfológico y estudios de comportamiento reproductivo coinciden en al menos cinco principales agrupaciones genéticas infraespecíficas (Correa et al 2014). Estos grupos varían en su distribución geográfica con los grupos Bolívar y Co-West extendiéndose y los agregados restantes siendo endémicos para Colombia (grupos Co-Central y Co-Este) o Ecuador (grupo Gileri). Por otro lado, Phillips-Mora (2007) identificó el clon ICS-95, el cual mostró resistencia contra siete aislados pertenecientes a diferentes grupos genéticos. Por lo tanto, puede ser posible seleccionar y reproducirse con amplia resistencia contra la enfermedad (Grisales y Afanador 2007).

• *Control Alternativo*

Productos derivados de plantas, entre ellos aceites esenciales (AEs) constituyen métodos alternativos para el manejo de enfermedades en diversos cultivos (Hennebelle et al., (2006). Estos productos son mezclas complejas de compuestos orgánicos presentes en diferentes concentraciones (Mesa-Arango, 2009). En una investigación realizada por Lozada et al., (2012) fue evaluado el efecto In vitro de aceites esenciales de tres especies de plantas como *Lippia* sobre *M. roreri*. Los AEs testados inhibieron 100% de la germinación de conidios y del crecimiento micelial cuando aplicadas concentraciones entre 800 – 1000 $\mu\text{g ml}^{-1}$. Los Aes estaban compuestos principalmente por timol, p-cimeno, α -terpineno, acetato de timilo, -carvacrol, β -mirceno, trans- β -cariofileno.

Se han reportado estudios con extractos de plantas, que previamente presentaron antecedentes de diversas bioactividades, inhibiendo monilia en los extractos obtenidos de hojas en un porcentaje mayor, comparado con otra parte de la planta (Tenorio y Mollinedo, 2016). De acuerdo con Tamayo-España (2016), los extractos hidro alcoholicos de plantas comerciales como orégano (*Origanum vulgare*), maguey morado (*Tradescantia spathacea*) y jengibre (*Zingiber officinale*), han presentado efecto inhibitorio en el crecimiento y formación de conidias de monilia. Estudios previos confirman la alta efectividad de inhibición de extractos de plantas frente a *M. roreri* (Ramírez-Gonzales, et al 2011).

Estos estudios demuestran que aceites esenciales y extractos de plantas son promisoros para el manejo de *M. roreri* y otros patógenos del cacao, contribuyendo para la reducción del uso de fungicidas y consecuentemente, menor impacto ambiental. Es sugerido además estudios en cámaras de crecimiento e invernadero, evaluando intervalos de aplicación y diferentes formulaciones.

Mientras algunas de las medidas anteriormente mencionadas han sido efectivas a escala experimental, solamente aquellas basadas en prácticas culturales (remoción periódica de granos infectados, poda y sombreado, mantenimiento de los sistemas de drenaje, etc), están siendo adoptados por pequeños productores (Meinhardt et al 2014). Estos agricultores son estimulados por los precios del cacao y en ciertos casos, por asistencia técnica y financiera recibida de organizaciones internacionales o locales. Sin embargo, es importante notar, que tratos culturales de la enfermedad son una labor difícil e intensa (Suárez y Rangel 2013); de hecho, la frecuencia y costo de estas prácticas (particularmente aquella que requiere remoción semanal de granos infectados) han jugado el papel más importante al momento de desistir de su uso, especialmente cuando los precios del cacao son bajos (Suárez 2006).



✿ Conclusión ✿

La revisión sistemática sobre la monilia del cacao como propuesta de investigación teórica es una estrategia adecuada para incorporar conocimientos científicos de investigaciones realizadas en todo el mundo. De acuerdo con la información analizada fue posible establecer la importancia del agro negocio, específicamente de la cadena del cacao para el mundo y para el país, así como el efecto que la monilia tiene al ser la enfermedad que puede llegar a causar hasta 100% de pérdidas en la producción. Fue posible conocer aspectos relacionados con la enfermedad y cuáles son los métodos más eficaces para su control, considerando el balance costo/beneficio. Se propone el uso de productos naturales como fuente promisoría de compuestos Bioactivos en el control de monilia, lo anterior, bonificaría a los futuros productores y consumidores, evitando que se consuman agentes químicos a través del fruto por medio de su absorción al realizar control químico in situ.



✿ Referencias Bibliográficas ✿

- Aime, M. y Phillips-Mora, W. (2005). The causal agents of witches' broom and frosty pod rot of cacao (chocolate, *Theobroma cacao*) form a new lineage of Marasmiaceae. *Mycologia* 97:1012-1022.
- Anonymous. (1832). El cacao. El Cultivador Cundinamarqués o Periódico de la Industria Agrícola y de la Economía Doméstica, no. 7.
- Barros, O. (1981). Avances en la represión de la moniliasis del cacao. Proceedings of the Eighth International Cocoa Research Conference, Cocoa Producers' Alliance, Cartagena, Colombia.
- Correa, J. Castro, S. y Coy, J. (2014). Estado de la moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roreri* en Colombia. *Acta Agronómica*. 63(4), 388-399. Doi: 10.15446/acagv63n4.42747.
- DANE Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2016). Encuesta Nacional Agropecuaria. URL: <https://bit.ly/2q1Xz32> Consultado Noviembre 3 de 2019.
- DANE Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2016). Censo Nacional Agropecuario 2014. Tomo 2 Resultados. <http://bit.ly/2iVEVZs> . Consultado en noviembre 8 de 2019.
- de Almeida A. y Valle R. (2010) Ecophysiology of Tropical Tree Crops. In: DaMatta F.M. (ed.) Cacao: Ecophysiology of growth and production, 1st edn. Nova Science Publishers, Viçosa, pp. 1-34.
- Diaz J. y Aime M. (2016) The cacao pathogen *Moniliophthora roreri* (Marasmiaceae) produces rhexolytic thallic conidia and their size is influenced by nuclear condition. *Mycoscience*: 57:208-16.
- Drenth A. y Guest D. (2016) Fungal and Oomycete diseases of tropical tree fruit crops. *Annual Review of Phytopathology*.; 54:373-395.
- Enriquez, G., Brenes, O. y Delgado, J. (1982). Desarrollo e impacto de la moniliasis del cacao en Costa Rica. Proceedings of the Eighth International Cocoa Research Conference, 1981. Cocoa Producers' Alliance, Cartagena, Colombia.
- Evans, H. (1981). Pod rot of cacao caused by *Moniliophthora* (*Monilia*) *roreri*. *Phytopathology Papers* No. 24. Commonwealth Mycological Institute, London, UK.
- Evans, H. (1986). A reassessment of *Moniliophthora* (*Monilia*) pod rot. Cocoa Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey (England), p. 44.
- FAO (2018). FAOSTAT. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> Consultado noviembre 1 de 2019.
- Glendinning D. (1972) Natural pollination of cocoa. *New Phytol.* 71: 719-729.
- Griffith, G., Nicholson, J., Nenninger, A., Birch, R. y Hedger, S. (2003). Witches' brooms and frosty pods: two major pathogens of cacao. *N. Z. J. Bot.* 41, 423.
- Grisales, S. y Afanador, L. (2007). Análisis de variabilidad genética en *Moniliophthora roreri* con AP-PCR y RAPD en Antioquia, Colombia. *Rev. Colomb. Biotecnol.* 9(2), 15-32.
- Hardy F. (1960) Cacao manual, 1st edn. Inter-American of Agricultural Sciences, Turrialba, p. 439.

- Hebbar, K. (2007). Cacao diseases: a global perspective from an industry point of view. *Phytopathology*. Vol. 97, No. 12. Doi:10.1094/ PHYTO-97-12-1658
- Hebbar, P., Gianfagnaa, T. & Anejaa, M. (2006). *Trichoderma harzianum* produces nonanoic acid, an inhibitor of spore germination and mycelial growth of two cacao pathogens. *Physiological and Molecular Plant Pathology* (67) 304–307.
- Hennebelle, T., Sahpaz, S., Dermont, C., Joseph, H. y Bailleul, F. (2006). The essential oil of *Lippia alba*: Analysis of samples from French overseas departments and review of previous works. *Chem. Biodivers.* 3:1116 – 1125
- ICA. Instituto Colombiano Agropecuario, El ICA apoya Plan Nacional de Renovación de Cacao (2013) ICA Comunica. Disponible en: <http://www.ica.gov.co/PeriodicoVirtual/Prensa/2013/El-ICA-apoya-Plan-Nacional-deRenovacion-de-Cacao.aspx>. Acceso Nov 10 de 2019
- Jaimes, Y. y Aranzazu, F. (2010). Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Colombia, con énfasis en *Monilia* (*Moniliophthora roreri*). In: Hoyos L.M. (ed.). *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Colombia*. p. 90
- Johnson, J., Bonilla, J. y Agüero, L. (2008). *Manual de manejo y producción del cacaotero*. Leon, Nicaragua 40 p.
- Krauss U., Hidalgo E., Bateman R., Adonijah V., Arroyo C. y García J. (2010) Improving the formulation and timing of application of endophytic biocontrol and chemical agents against frosty pod rot (*Moniliophthora roreri*) in cocoa (*Theobroma cacao*). *Biological Control* ; 54:230–240.
- Krauss, U y Soberanis, W. (2001) Biocontrol of Cocoa Pod Diseases with Mycoparasite Mixtures. *Biological Control* (22) 149–158.
- Krauss, U. y Soberanis, W. (2001). Rehabilitation of diseased cacao fields in Peru through shade regulation and timing of biocontrol measures. *Agroforest. Syst.* 53:179–184.
- Lopes, L., Carvalho, A., Teodoro, J., Rocha, G. & Villela, A. (2009). Selection of *Trichoderma stromaticum* isolates for efficient biological control of witches' broom disease in cacao. *Biological Control*. (51) 130–139.
- Lopes, M. y Martins, E. (2005). *Principais doenças do cacaueiro no Brasil*. CEPLAC/CEP-EC/SEFIT 132 p.
- Lozada, B., Herrera, L., Perea, J., Stashenko E., y Escobar, P. (2012). Efecto in vitro de aceites esenciales de tres especies de *Lippia* sobre *Moniliophthora roreri* (Cif. y Par.) Evans et al., agente causante de la moniliasis del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Acta Agronómica*. 61 (2) 2012, p 102–110
- MADR Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, (2014). Análisis, estadísticas, cacao. <http://www.agronet.gov.co/Paginas/default.aspx> . Consultado en noviembre 1 de 2019

- Maya, S., Cubillos, G. y Botero, A. (2004). Incidencia, severidad y pérdidas económicas de las principales enfermedades del cultivo de cacao en Antioquia. ICA Inf. 31
- Meinhardt, L., Costa, G., Thomazella, D. y Teixeira, P. (2014). Genome and secretome analysis of the hemibiotrophic fungal pathogen, *Moniliophthora roreri*, which causes frosty pod rot disease of cacao: mechanisms of the biotrophic and necrotrophic phases. BMC Genomics 15:164.
- Mesa, A., Montiel J., Zapata B., Durán C., Betancur E. y Stashenko, E. (2009). Citral and carvone chemotypes from the essential oils of Colombian *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown: composition, cytotoxicity and antifungal activity. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 104:878 – 884
- Mossu G. (1990) Le Cacaoyer, 1st edn. Maisonneuve et Larose, Paris, p. 160.
- Ochoa-Fonseca, L., Ramírez-González, S., López-Báez, O., Espinosa-Zaragoza, S., Alvarado-Gaona, Álvaro, y Álvarez-Siman, F. (2017). Control in vivo de *Moniliophthora roreri* en *Theobroma cacao*, utilizando polisulfuro de calcio y silicosulfocálcico. Ciencia Y Agricultura, 14(2), 59–66. Doi: 10.19053/01228420.v14.n2.2017.7149
- Oduro W., Rodríguez M., Lundy, M., Kelly, C., Abbott, P., Benjamin, T., Burniske, G., Croft, M., y Fenton M. (2013) Insect assemblage and the pollination system of cocoa (*Theobroma cacao* L.). J. Appl. Biosci. 62: 4582–4594.
- Pérez, L. (2018). *Moniliophthora roreri* H.C. Evans et al. y *Moniliophthora perniciosa* (Stahel) Aime: impacto, síntomas, diagnóstico, epidemiología y manejo Rev. Protección Veg. vol.33 no.1
- Phillips-Mora, W. y Wilkinson, M. (2007). Biodiversity and biogeography of the cacao (*Theobroma cacao* L.) pathogen *Moniliophthora roreri* (Cif.) Evans et al. Published online. Plant Pathol. (Online Early Articles) doi:10.1111/j.1365-3059.2007.01646.x
- Phillips-Mora, W., Coutiño, A., Ortiz, C., López, A., Hernández, J., y Aime, M. (2006). First report of *Moniliophthora roreri* causing frosty pod rot (= moniliasis disease) of cacao in Mexico. Plant Pathol. 55:584.
- Phillips-Mora, W. (2003). Origin, biogeography, genetic diversity and taxonomic affinities of the cacao (*Theobroma cacao* L.) fungus *Moniliophthora roreri* (Cif.) Evans et al. as determined using molecular, phytopathological and morpho-physiological evidence. Ph.D. Thesis. University of Reading, UK
- Ram, A., Valle, R. y Arévalo, E., (2004). Monilia do Cacaueiro. Fundacao Cargill. Sao Paulo, Brasil, p. 36.
- Ramírez-González, S., López-Báez, O., Guzmán-Hernández, T., Munguía-Ulloa, S., y Espinosa-Zaragoza, S. (2011). Actividad antifúngica in vitro de extractos de *Origanum vulgare* L., *Tradescantia spathacea* Swartz y *Zingiber officinale* Roscoe sobre *Moniliophthora roreri* (Cif. & Par) Evans et ál. Revista Tecnología En Marcha, 24(2), pág. 3

- Rodríguez, E., Mujica, J. y Cubillos, G., (2005). Manejo integrado de la Moniliasis en el cultivo del cacao. Consejo Nacional Cacaotero. CORPOICA, Bucaramanga 24.
- Rojas F. y Sacristán S. (2013) Guía ambiental para el cultivo del cacao, 2nd ed. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural—Federación Nacional de cacaoteros, Bogotá DC. CO, p. 126.
- Roger, J. (1918). Enfermedades y plagas del cacao en el Ecuador y métodos modernos apropiados al cultivo del cacao. Asociación de Agricultores, Guayaquil, Ecuador. P 17-40
- Sanz, J. (2007). Principales avances y resultados de la campaña de Monilia en Colombia. Innovación y Cambio Tecnológico. Corpoica 6 (6), 16e20.
- Secretaría de Agricultura Departamental del Caquetá. (2017). Evaluaciones Agropecuarias Municipales – EVA Base de datos. Caquetá.
- Solís, J., Ruíz, P. y Zamarripa, A. (2009). Mejoramiento genético para resistencia, rendimiento y calidad agroindustrial del cacao (*Theobroma cacao* L.) en México. Memorias. IV Reunión Nacional Innovación Agrícola. Saltillo, Mex. 142 p.
- Suárez, L. (2006). Aislamiento e identificación de *Moniliophthora roreri* causante de la moniliasis en municipios del nororiente colombiano y ensayos preliminares para su control biológico. Rev. Respuestas 11:3 - 9.
- Suárez, L. y Rangel, A. (2013). Aislamiento de microorganismos para control biológico de *Moniliophthora roreri*. Acta Agronómica 62:370 - 378.
- Tamayo-España, Luz Elena., Ramírez-González, Sandra Isabel., López-Báez, Orlando., Quiroga-Madrigal, Ricardo René., y Espinosa-Zaragoza, Saúl. (2016). Extractos por destilación de *Origanum vulgare*, *Tradescantia spathacea* y *Zingiber officinale* para el manejo de *Moniliophthora roreri* de *Theobroma cacao*. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 7(5), 1065-1076.
- Tenorio, R. y Mollinedo, P. (2016). Capacidad inhibitoria de filtrados de *Trichoderma inhamatum* y *Caiophora andina* sobre fitopatógenos de *Theobroma cacao*. Revista Boliviana de Química. V 33(3)
- Tiburcio, R., Costa, G., Carazzolle, M. y Mondego, J. (2010) Genes acquired by horizontal transfer are potentially involved in the evolution of phytopathogenicity in *Moniliophthora perniciosa* and *Moniliophthora roreri*, two of the major pathogens of cacao. J. Mol. Evol. 70:85 - 97.
- Torres de la Cruz, M., García, C., Téliz, D.; Aguilera, A. y Díaz, C. (2011). Temporal progress and integrated management of frosty pod rot (*Moniliophthora roreri*) of cocoa in Tabasco, Mexico. J. Plant Pathol. 93:31 - 36.
- Wibaux T., Konan D., Snoeck D., Jagoret P. y Bastide P. (2017) Study of tree-to-tree yield variability among seedling-based cacao populatio



Revista
INNVENTIVA
CENTRO TECNOLÓGICO DE LA AMAZONIA

Tercera Edición Noviembre 2021
Florencia, Caquetá.

