

ARTÍCULO ORIGINAL

Pérdidas económicas asociadas a la pudrición de la mazorca del cacao causada por *Phytophthora* spp., y *Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans *et al.*, en la hacienda Theobroma, Colombia

Joaquín Guillermo Ramírez Gil

Estudiante de Doctorado Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Campus El Volador. Bloque 11, A.A, 1779, Medellín. Laboratorio de Fitotecnia Tropical. (057)4309099. Correo electrónico: jgramireg@unal.edu.co.

RESUMEN: Este trabajo tuvo como objetivo determinar las pérdidas económicas asociadas a la pudrición de mazorca causada por *Phytophthora* spp., y *Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans *et al.* y conocer las variables implicadas en este proceso. La evaluación se desarrolló en la hacienda Theobroma de Colombia, en un área de 67,8 ha sembrada con el clon CCN51, ubicada en el municipio Maceo Antioquia, Colombia, en zona de bosque húmedo tropical (Bh-T). Los datos se tomaron en los años 2010, 2011 y 2012. Las variables determinadas fueron: incidencia, severidad y las pérdidas en producción asociadas a la presencia de estas dos enfermedades, así como otras variables biofísicas y de manejo del cultivo. Con los datos de pérdidas en producción se determinaron los costos que estas enfermedades representaban en término monetarios; con las demás variables se determinó cuáles presentaban relación con las pérdidas. Los resultados arrojaron que para la zona de estudio las pérdidas por *Phytophthora* spp. fueron superiores a las que se presentaron para *M. roreri*. Estas pérdidas estuvieron asociadas a variables como son la edad del cultivo y la alta precipitación de la zona de estudio. La importancia de este trabajo radica en el análisis detallado de las pérdidas económicas asociadas a las pudriciones de mazorca, además de identificar que, para la zona de estudio, *Phytophthora* spp. presenta una mayor importancia con respecto a *M. roreri*.

Palabras clave: pérdidas en producción, *Phytophthora* spp., cacao.

Economic losses associated with cocoa pod rots caused by *Phytophthora* spp. and *Moniliophthora roreri* (Cif & Par) Evans *et al.*, at Theobroma farm, Colombia

ABSTRACT: The objective of this study was to determine the cocoa economic losses associated with black pod rot caused by *Phytophthora* spp. and frosty pod rot caused by *Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans *et al.* and know the variables involved in this context. The evaluation was conducted in an area of 67.8 ha sown with the clone CCN51 at the Theobroma farm, located in the municipality of Maceo Antioquia, Colombia, an area of tropical rain forest (T-Fr). Data were collected in 2010, 2011 and 2012. The variables evaluated were incidence, severity, and losses of production associated with the presence of these two diseases, in addition to some biophysical and crop management variables. With data on production losses, the costs that these diseases represented in monetary terms were calculated; for the rest of the variables, it was determined which one showed to be related to the losses. The results showed higher losses at the area studied by *Phytophthora* spp. than by *M. roreri*. These losses were mainly associated with variables such as crop age and high rainfall. The importance of this work is given by the detailed analysis of the economic losses associated with cocoa pod rots, as well as the determination of the higher significance of *Phytophthora* spp. in respect with *M. roreri* for the studied zone.

Key words: production losses, *Phytophthora* spp., cacao.

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie con origen en los trópicos húmedos de América (1). De acuerdo con Arce (2), las características biofísicas para el adecuado desarrollo de esta son lugares con una precipitación de 1500 a 2500 mm al año, cuya temperatura esté entre 23 y 32°C y la altitud de 1000 a 1400 msnm. En Colombia, en los últimos años viene creciendo la siembra de clones comerciales, en el que sobresale el CCN51, el cual presenta ventajas comparativas con respecto a los demás clones, en aspectos como rendimiento, mayor resistencia a enfermedades, precocidad, plantas de baja estatura, buenos índices de mazorca y semillas por mazorca, entre otros (3). Según Alarcón *et al.* (4), el CCN51 cuenta con las características necesarias para su cultivo dentro de las distintas zonas de vida del país.

A nivel mundial se ha informado a *Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans *et al.*, y *Moniliophthora perniciosa* (Stahel) Aime y *Phytophthora* spp., como los agentes causales de las enfermedades de mayor importancia para el cultivo, cuyo potencial de daño está asociado a regiones y a condiciones biofísicas específicas (5, 6, 7). *M. perniciosa* ha provocado reducciones del 70% en Brasil, aunque *M. roreri* sigue considerándose la patología de mayor importancia en las zonas productoras de cacao en América del Sur (5). Por otra parte, se estima que el complejo *Phytophthora* spp. puede causar pérdidas cercanas al 10% de la producción mundial (7). Este complejo está asociado a siete especies: *Phytophthora palmivora* (Butl) Butl, *Phytophthora megakarya* Braz et Griff, *Phytophthora capsici* Leonian, *Phytophthora citrophthora* Smith & Smith, *Phytophthora megasperma* Drechsler, *Phytophthora arecae* (Coleman) Pethybridge, y *Phytophthora heveae* Thompson (5, 30), donde se considera *P. megakarya* la de mayor potencial de daño (8), mientras que *P. palmivora* es la que mayor distribución mundial presenta (9) y está asociada a regiones tropicales con climas cálidos y de alta pluviosidad (10).

M. roreri se considera la especie fitopatógena, o el patógeno, de mayor importancia para el cultivo del cacao en Colombia; causa daño a los frutos, se informa en todas las regiones productoras del país, y su incidencia puede variar entre el 8 y 80% (4,5). Por otra parte, la incidencia de *Phytophthora* spp. viene creciendo en los últimos años, pero en el país se desconoce su importancia económica y las especies asociadas a la pudrición negra de la mazorca (5). Este trabajo tuvo como objetivo definir la relevancia económica de las pudriciones de mazorca, causadas por *M. roreri* y *Phytophthora* spp. en la hacienda Theobroma de Colombia y determinar la relación de estas pérdidas con variables asociadas al sistema productivo y a las condiciones biofísicas de la zona de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

La hacienda Theobroma de Colombia se encuentra en el municipio Maceo (Antioquia), Colombia, a una altura de 1050 msnm, en zona de vida de bosque húmedo tropical (Bh-T) (11), con precipitación, temperatura y humedad relativa promedio de 2500 mm año⁻¹, 20°C y 93%, respectivamente. El total de la explotación está basada en el clon CCN51 injertado sobre IMC67. El sistema productivo comprende 14 lotes en un área total de 67,8 ha, con edades de 4,4 a 8,7 años.

Identificación, incidencia e importancia económica de *Phytophthora* spp. y *M. roreri*

Identificación de los patógenos

La identificación inicial de los patógenos asociados a la mazorca de cacao en la zona de estudio se solicitó como un servicio privado de la hacienda en estudio, al laboratorio privado del Centro de Investigación de Agricultura Tropical (CIAT), mediante aislamientos en medios de cultivo y una caracterización molecular. Posterior a este diagnóstico, se corroboró en el Laboratorio de Fitotecnia Tropical de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Para ello se tomó tejido de mazorcas enfermas en campo, de las cuales se seccionaron trozos de 1 cm³ y se introdujeron en cabina de flujo laminar estéril, se desinfectaron superficialmente con etanol (70%) por 30s, seguido de un lavado en agua destilada estéril por 30s, después se sumergieron en hipoclorito de sodio (3%) por 30s y, por último, se lavaron con agua destilada estéril por 30 s. De estas muestras se cortaron trozos pequeños (3 mm³) y se sembraron en medios de cultivo agar papa dextrosa (PDA), acidificado con ácido láctico (PDAA pH 5,5); PDA + estreptomycin (100 µg/l) (PDA+E); jugo V8® (180 ml/l) + Agar (14 g/l) +kanamicina (50 µg/l) + Benomyl® (50 µg/l) (V8-AKB). Las cajas Petri se incubaron a 28°C por 15 días, sometidas a 12 horas de luz y 12 de oscuridad. A partir de muestras de tejidos enfermos y de aislados obtenidos en medios de cultivo, se realizaron micromontajes y se observaron en microscopio de luz con tecnología DIC (Differentia Interference Contrast, Nikon Eclipse E200), para su posterior identificación y siguiendo las claves descritas en el manual general para géneros de Barnett y Hunter (12) para hongos, la cual se complementó con la reportada por Evans (31) y por Erwin y Ribeiro (13) para las especies de *Phytophthora* spp.

Variables asociadas a las pérdidas de la mazorca por patógenos

Para determinar las pérdidas asociadas a *Phytophthora* spp. y *M. roreri*, en cada lote se identificó la cantidad de mazorcas que estaban afectadas y, a partir de estas, se evaluó la cantidad de almendras

por mazorca, el peso por almendra, el porcentaje de almendras dañadas y la cantidad de almendras en cada mazorca afectada que se lograba recuperar. Con estos datos se realizaron los cálculos equivalentes en Kg de cacao seco que se pierde por la presencia de estas dos enfermedades. Con estos datos, y teniendo en cuenta los precios de venta para cada época, se definieron las pérdidas asociadas. Las evaluaciones se realizaron durante los periodos de 2010, 2011 y 2012. Por otra parte, se identificaron las variables biofísicas y del sistema productivo que presentan algún grado de asociación con las pérdidas en producción por *Phytophthora* spp. y *M. roleri*, para lo cual se determinaron la incidencia, calculada como el número de frutos colectados con presencia de un determinado microorganismo sobre el número total de frutos colectados, y la severidad, donde se adaptó para las dos enfermedades la escala informada por Hanada *et al.* (14), la cual lleva un rango de 1 a 5, donde el grado 1 es libre de síntomas; 2: lesión menor a 2mm; 3: lesión entre 2mm y 2cm; 4: lesión de hasta el 25% de la fruta y, finalmente, 5: más del 25% de la mazorca con mancha.

Se evaluaron variables climáticas como son la temperatura, la humedad relativa y la precipitación (Estación climática WatchDog serie 2000), además de variables asociadas al manejo del cultivo como la edad, la cantidad de mazorcas por planta, las prácticas culturales (poda) y de manejo fitosanitario (aplicación de fungicidas).

Análisis de datos

A los datos asociados a la incidencia y la severidad en cada uno de los lotes de la finca se les determinó la media y su respectiva desviación estándar. Se tomaron las variables asociadas al cultivo y las condiciones biofísicas determinadas y se buscaron aquellas con mayor capacidad de explicar las pérdidas en producción para estas dos enfermedades; para esto se usó el criterio de selección Lasso, donde la robustez en la predicción se evaluó a través del P value $p \leq 0,05$, la desviación estándar del error y el estadístico T, obtenidos por validación cruzada y usando el método «Dejando-Uno-Fuera» (Leave-One-Out por sus siglas en inglés). Todos los datos se evaluaron en el software estadístico r-project®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de los patógenos implicados en la pudrición de la mazorca

Como microorganismos implicados en el daño de la mazorca de cacao en la zona en estudio se identificaron a *Phytophthora* spp. y *M. roleri*, con diferencias en la incidencia y la severidad (Fig. 1).

En el complejo *Phytophthora* spp. se encontraron *P. palmivora* con 92,5% de incidencia y otra especie no identificada, la cual se denominó *Phytophthora* sp. en el 7,5%. Estos datos coinciden con lo informado para Cuba, donde se señaló que dentro del complejo denominado pudrición de mazorca negra, causada por *Phytophthora* spp., la especie predominante fue *P. palmivora* (15) e igualmente se consideró al cacao como la especie asociada con mayor distribución en el mundo (9). Estos resultados coincidieron, en parte, con el resultado entregado por el CIAT, donde el diagnóstico arrojó la presencia de *P. palmivora* y *M. roleri*, pero no identificó la presencia de la otra especie asociada al género *Phytophthora*, la cual difirió morfológicamente de *P. palmivora*. Lo anterior sugiere la necesidad de realizar una caracterización molecular con el fin de confirmar la especie implicada.

Incidencia y severidad de patógenos asociados a la pudrición de mazorca

La incidencia y la severidad acumuladas para tres años de evaluación en la hacienda Teobroma de Colombia fue diferente para los dos agentes causales implicados en la pudrición de mazorca (Fig 1 A y B), donde sobresalió la presencia del complejo *Phytophthora* spp. en comparación con *M. roleri*.

Este resultado se vio reflejado en que *Phytophthora* spp. presentó el $23,1\% \pm 3$ de incidencia en el lote más afectado, en comparación con el $4,16\% \pm 0,8$ *M. roleri*, lo que indica que el complejo *Phytophthora* spp. es más importante bajo las condiciones ambientales, como las que se presentan en esta finca. Estos resultados coinciden con Hubeaux (15), quien enunció que la pudrición negra causada por *Phytophthora* spp. es la de mayor incidencia en lotes cultivados en las zonas productoras de Cuba. En el presente estudio, *M. roleri* presentó baja incidencia y severidad, lo cual no concuerda con algunos datos en los que se informan que dentro del complejo denominado como «pudrición de la mazorca» el 80% está asociado a *M. roleri* y el 20% restante a otros agentes causales, dentro de los cuales se informa a *Phytophthora* spp. (16).

Los niveles de incidencia y severidad de *Phytophthora* spp. y *M. roleri* no solo variaron a nivel de finca, sino dentro de esta, dando lugar a que para los distintos lotes evaluados los niveles de esta enfermedad presentaron valores heterogéneos; esta tendencia encontrada puede deberse a distintas condiciones biofísicas, dado el tamaño de la explotación, la que se ubica dentro de un perfil altitudinal que va desde los 1000 msnm hasta los 1300 msnm, y presenta también una geomorfología quebrada, lo cual da origen a una serie de condiciones cambiantes de humedad relativa y temperatura que pueden aumentar o disminuir la in-

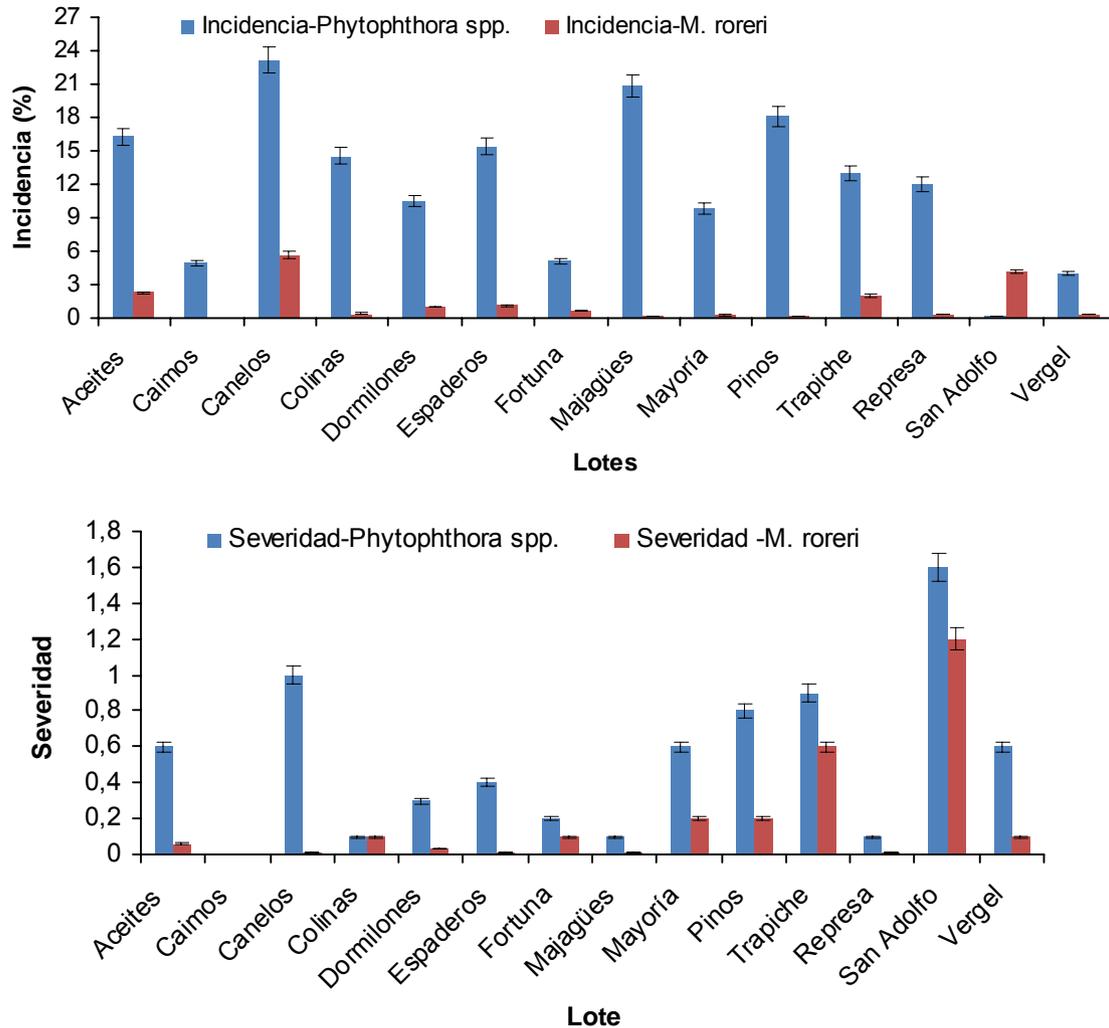


FIGURA 1. Incidencia y severidad de *Phytophthora* spp. y *M. roleri* en los lotes de la hacienda Theobroma de Colombia. / Incidence and severity of *Phytophthora* spp. and *M. roleri* in lots of *Theobroma* farm, Colombia. La superposición de las barras de error significa que no hay diferencias significativas ($P > 0,05$). / Overlapping of error bars means no significant difference ($P > 0,05$).

cidencia y severidad de una determinada enfermedad. Este comportamiento da lugar a una variabilidad espacial de estas patologías que coincide con lo encontrado en otros patosistemas, en los cuales se informa de la asociación del complejo marchitez del aguacate con determinadas variables dentro de un lote (32). También es importante resaltar que cada lote presentaba edad distinta, donde las mayores incidencias y severidad coincidieron con aquellos de mayor edad, como fue el caso del lote camelos, con una edad de 8 años en comparación con el lote San Adolfo y el Vergel con edad de 4,5 años cada uno. Esta asociación puede darse a que a mayor edad se presenta una mayor cantidad de mazorcas, dando lugar a un patio amplio de infección potencial para los patógenos; además, hay

más abundancia de follaje, lo cual se traduce en que se presente microclimas determinados donde se favorece la humedad relativa y se benefician los ciclos de vida de los patógenos implicados.

Importancia económica de *Phytophthora* spp. y *M. roleri*

Las pérdidas asociadas a *Phytophthora* spp. y *M. roleri* se dividieron en dos partes, la primera de estas estuvo asociada a la disminución en la cantidad total producida y la segunda al valor económico que estas representan (Tabla 1). El análisis individual arrojó que las pérdidas en producción y su impacto económico fueron mayores en las plantas que presentaban como patógeno a *Phytophthora* spp., en comparación con

TABLA 1. Pérdidas asociadas a *Phytophthora* spp. y *M. rozeri* en cacao. / *Losses associated with Phytophthora spp. and M. rozeri in cocoa.*

Patógeno	Año 1 (4 años promedio)		Año 2 (5 años promedio)		Año 3 (6 años promedio)	
	Pérdidas ³	Pérdidas ⁴	Pérdidas ³	Pérdidas ⁴	Pérdidas ³	Pérdidas ⁴
<i>P. palmivora</i> ¹	4859	21,2	5528	23,8	6145	25,1
<i>P. palmivora</i> ²	71,7	0,312	81,5	0,351	90,63	0,370
<i>M. rozeri</i> ¹	510	2,1	613	2,3	840	3,8
<i>M. rozeri</i> ²	7,5	0,030	9,1	0,033	12,3	0,056

¹ Pérdidas asociadas a toda la finca (67,8 ha). ² pérdidas asociadas por hectárea. ³ pérdidas en producción (Kg de cacao seso). ⁴ equivalente de las pérdidas en producción en millones de pesos constantes para cada año de evaluación y con base en un precio promedio de compra por kilogramo seco. Estimación basada en el precio de compra de cacao, según FEDECACAO, del día 4 de diciembre de 2013 (\$4625 kg⁻¹). / ¹ *Losses associated with the entire farm (67.8 ha).* ² *losses associated per hectare.* ³ *production losses (Kg of dry cacao).* ⁴ *equivalent of production losses in millions of pesos constant for each year of assessment and based on an average purchase price per kilogram dry weight. Estimate based on the purchase price of cocoa, according to FEDECACAO, on December 04, 2013(\$4625 kg⁻¹).*

M. rozeri (Tabla 1), cuyo valor fue aumentando año tras año y coincidió con una mayor edad promedio del cultivo y, por ende, una mayor producción. Las mayores pérdidas asociadas al complejo *Phytophthora* spp. se debe a su mayor incidencia y severidad en cada uno de los lotes (Figura 1 AB), lo cual la convierte en la mayor limitante de este cultivo, en lo que respecta a las pérdidas asociadas a la pudrición de mazorca para la zona evaluada.

Las pérdidas en producción asociadas al complejo *Phytophthora* spp., para el primer año, fueron 9,5 veces mayores en comparación con *M. rozeri*; esta disminución en la producción representa una gran cantidad de dinero que el productor deja de percibir por la presencia de esta patología, la cual es superior a lo encontrado para *M. rozeri*. Tendencia que continuó en los otros dos periodos de evaluación (Tabla 1). La disminución en la producción es consecuencia de varias situaciones; la primera de estas está asociada a la cantidad de mazorcas infectadas en campo en los primeros estados de desarrollo y maduras, las cuales tienen que ser removidas como estrategia de control cultural, dado su alto grado de infestación que da lugar a pérdidas del 9,3-2,1, 10,1-2,5 y 11,57-3,1% del total de mazorcas para los años 2010, 2011 y 2012 para *Phytophthora* spp. y *M. rozeri*, respectivamente. En segundo lugar, la presencia de estas enfermedades en mazorcas adultas, y que se pueden cosechar dado su bajo nivel de infestación, disminuye la cantidad de granos por mazorca en un porcentaje promedio de 75-90, 65-91,2 y 64,3-8,3%, y el peso de los granos en un 15-75,3, 25,3-65,4 y 14,3-80,1% para los años 2010, 2011 y 2012 en *Phytophthora* spp. y *M. rozeri*, respectivamente. Además, estas patologías afectan la calidad del cacao y, por ende, el precio de venta. Por otra parte, estas enfermedades representan un sobre costo asociado a prácticas de manejo, como son la aplicación

de fungicidas, remoción de fuente de inóculo, entre otros; en la finca estudiada, para *Phytophthora* spp. y *M. rozeri* es, aproximadamente, del 10 y 1% de los costos por periodo.

A nivel mundial se carece de estudios puntuales en los que se haga un análisis detallado de las pérdidas económicas para un determinado sistema productivo, donde se implique a *Phytophthora* spp. y su efecto sobre variables productivas y de rendimiento; pero sí aparecen datos generales, en los cuales se enuncia la relevancia económica de esta enfermedad, donde se plantea que las pérdidas en cosecha pueden ser del 60 al 100%, cuyo valor dependerá de aspectos ambientales y de manejo del cultivo (17). Estas pérdidas se estimaron en 423 millones de dólares anuales en todo el mundo (18). Se considera que las pérdidas asociadas a este patógeno pueden aumentar en dependencia del momento donde ocurre la infección inicial y resultan más perjudiciales aquellas que se desarrollan en los estados iniciales de la mazorca. Al respecto, Matos *et al.* (19) informaron que las mayores afectaciones ocurren cuando la enfermedad afecta la bellota, pues da lugar a pérdidas que pueden ir del 9 al 17% de toda la cosecha.

En lo que respecta a *M. rozeri*, su importancia económica para la zona de estudio fue muy inferior a la encontrada para el complejo *Phytophthora* spp.; esto difiere con otros autores, quienes encontraron que esta patología, bajo condiciones de trópico húmedo, puede ser devastadora, como es el caso de lotes en Nicaragua, donde las pérdidas pueden ser del 30% hasta el 100% (20). Por su parte, en Colombia esta enfermedad se considera como la de mayor importancia económica (21, 22) y que puede llegar a afectar la producción en el 40%, lo que es equivalente en términos de pérdidas de grano comercial a 28,000 t métricas sobre una producción de 42,000 t totales (33).

VARIABLES ASOCIADAS A LAS PÉRDIDAS POR *Phytophthora* spp. Y *M. roreri*

Para el caso de *Phytophthora* spp. se encontró que las variables con mayor relación y que logran explicar las pérdidas causadas por esta enfermedad fueron la edad del cultivo, la precipitación, el total de mazorcas por plantas, la humedad relativa, la incidencia y la severidad con signos positivos, lo cual indica que su relación es directa y cualquier aumento en cada una de estas variables incrementa las pérdidas causadas por esta enfermedad (Tabla 2). Esto se explicaría por el hecho de que mayores precipitaciones y humedad relativa son condiciones ambientales que favorecen al patógeno implicado, dando lugar a que se presente un mejor desarrollo de este oomicete, donde se reporta condiciones de humedad relativa superior al 95% y temperaturas entre 18 y 24°C, como las ideales para el desarrollo de su ciclo de vida (23, 29). Estas características particulares se presentan en la finca estudiada, donde la humedad relativa y la temperatura promedio para los tres años fue del 93% ± 10 y 20°C ± 1, respectivamente y con niveles de precipitación superior a los 2000 mm al año. Para el caso de la cantidad de mazorcas, la edad e incidencia y severidad son variables asociadas a la cantidad o presión de inóculo, dando lugar a que haya una mayor probabilidad de mazorcas enfermas.

En lo que respecta a las demás variables explicativas (Tabla 2), entre las que presentaron signo negativo; se agruparon la poda de ramas y la remoción de

fuerza de inóculo (eliminación de mazorcas en estado avanzado de la enfermedad), indicando que su realización, como táctica dentro de una estrategia de control cultural en el cultivo, disminuye las pérdidas por esta enfermedad. Estas prácticas se informaron por varios autores como las estrategias más sostenibles para el manejo integrado de esta enfermedad (23, 24). El efecto de las dos prácticas se explica en el hecho de que la primera es una estrategia que permite la aireación de toda la planta, disminuye la humedad relativa y la presencia de microclimas, además de lograr que los rayos del sol puedan entrar en lugares de posibles reservorios de estructuras infectivas del patógeno (25; 26). Para el caso de la remoción de fuerza de inóculo, logra disminuir la presión y da lugar a que se presenten menores infecciones (26).

La temperatura y la utilización de fungicidas (Metalaxil+Mancozeb) no presentan relación alguna con las pérdidas asociadas a *Phytophthora* spp. (Tabla 2). Para el caso de la temperatura, su nula participación puede deberse a que sus valores para la zona de estudio permanecen en el rango de favorabilidad del patógeno sin muchos cambios, lo cual da lugar a que en el modelo de correlación no presente un aporte significativo ($P > 0,05$). Para el caso del uso de fungicidas en la finca, su efecto nulo contradice la literatura ya que, en cacao, *P. palmivora* ha sido manejable con aspersiones foliares de fungicidas sistémicos y de contacto, donde Opoku *et al.* (27) reportaron que tanto el Ridomil® (12% metalaxil) como el Kocide DF® (61,4% hidróxido de cobre) dieron resultados efectivos

TABLA 2. Variables asociadas a pérdidas en la producción de cacao por *Phytophthora* spp. y *M. roreri*. / Variables associated with losses in cocoa production by *Phytophthora* spp. and *M. roreri*.

Parámetro/Patógeno	<i>Phytophthora</i> spp.		<i>M. roreri</i>	
	Estimado	P-Value	Estimado	P-Value
Edad	3,3	0,0058**	12,08	0,0007172**
Humedad relativa	8,1	0,006**	0,64	0,89
Incidencia	13,65	0,005**	0,08	0,12
Precipitación	2,1	0,006**	-0,003	0,058
Severidad	2,5	0,007**	44,4	0,58
Temperatura	0,0027	0,58	0,06	0,8
Total de mazorcas	0,4	0,055*	5,9	0,0000***
Poda	-1,3	0,000001***	0,02	0,001**
Manejo con fungicidas ¹	-0,05	0,6	1,000	0,059
Remoción de fuente de inóculo ²	-0,001	0,0001**	-2,00015	0,000002***

¹ los fungicidas utilizados fueron Metalaxil+ Mancozeb (2,5 kg/ha) para *Phytophthora* spp. y Azoxystrobin (0,28 L/ha) para el manejo de *M. roreri*. ² la remoción de la fuente de inóculo consistió en la recolección de mazorcas infectadas en estado 4 y 5 según la escala de desarrollo de la enfermedad. Los asteriscos representan diferencias estadísticas ($P < 0,05$).

¹ fungicides used were Metalaxil+ Mancozeb. (2,5 kg/ha) for *Phytophthora* spp. and Azoxystrobin (0,28 L/ha) for *M. roreri*. ² source of inoculum removal consisted of collecting infected ears in the states 4 and 5 of the disease development scale. The asterisks represent statistical differences ($P < 0,05$).

en el control de esta enfermedad, pues se obtuvo una reducción entre 25-48% de incidencia y un aumento del rendimiento entre 10,9-51,8%. La no eficacia de este fungicida puede deberse a muchas causas, donde sobresale el hecho de que el resultado del efecto de un producto químico depende, en gran parte, de parámetros como la época y el momento de aplicación, la dosis y el número de aplicaciones, la incidencia y la severidad de la enfermedad, las condiciones ambientales, entre otras. Por otra parte, es importante resaltar que solo una medida de manejo puede resultar insuficiente, ya que se reporta que para un adecuado manejo de esta enfermedad se hace necesaria la combinación de diferentes prácticas como son los métodos químicos, culturales y biológicos (27).

Para el caso de *M. royeri*, las únicas variables que presentaron una relevancia estadísticamente significativa ($P < 0,05$) y con signo positivo fueron la edad del cultivo y el total de mazorcas, pues indican una relación directa con la enfermedad. Además, la poda y la remoción de fuente de inóculo fueron de signo negativo, lo que indica que la realización de estas variables disminuye la presencia de esta enfermedad. Los efectos de estas labores se explicaron anteriormente para el caso de *Phytophthora* spp. Es bien sabido que la mejor estrategia de manejo de esta enfermedad es el uso de toda una serie de tácticas o estrategias enmarcadas en el concepto de prácticas de manejo integrado, donde estas deben estar adaptadas a las condiciones de cada sistema productivo, incluyendo aspectos como nivel tecnológico, mano de obra y disponibilidad de recursos (28).

CONCLUSIONES

Los datos obtenidos en este trabajo demuestran que la pudrición de la mazorca causada por el complejo *Phytophthora* spp. fue la patología de mayor importancia en la hacienda Theobroma de Colombia, superando a *M. royeri*, la cual previamente había sido conocida como la de mayor impacto negativo en lotes cultivados en Colombia.

AGRADECIMIENTOS

El autor quiere agradecer a los propietarios y al personal técnico de la hacienda Theobroma de Colombia, por la excelente atención en las visitas realizadas durante el proceso de duración de la investigación, la toma y la facilitación de los datos históricos para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

1. Enríquez G. Cacao Orgánico: Guía para productores ecuatorianos. Quito, Ecuador. INIAP. 360 p. 2004.
2. Arce M. Manual del cultivo de cacao. Programa para el desarrollo de la Amazonía. Perú. 2004. p 10-11 [Citado: 24 septiembre 2013]. Disponible en: http://www.radiomaranon.org.pe/redmaranon/archivos/cacao_manual_cultivo.pdf.
3. Cardona B. Consejo Nacional Cacaotero, Acuerdo 003 «clones para cacao en Colombia». 2009. Bogotá.p9. [Citado: 24 septiembre 2013]. Disponible en: <http://www.huila.gov.co/documentos/agricultura/CADENAS%20PRODUCTIVAS/CLONES%20DE%20CACAO%20PARA%20COLOMBIA.pdf>.
4. Alarcon J, Arevalo E, Díaz A, Rosero A. Manejo fitosanitario del cacao (medidas para la temporada invernal). 2012. ICA, Bogotá.p23. [Citado: 24 septiembre 2013]. Disponible en: <http://www.ica.gov.co/getattachment/c01fa43b-cf48-497a-aa7f-51e6da3f7e96/-nbs;M;anejo-fitosanitario-del-cultivo-de-Cacao.aspx>.
5. Jaimes Y, Aranzazu F. Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Colombia, con énfasis en monilia (*Moniliophthora royeri*). Colombia. Corpoica. 2010. 90 p.
6. Herver P. Cacao diseases: A global perspective from an industry point view. *Phytopathology*. 2007;97:1658-1663.
7. Ploetz R. Cacao diseases: Important threats to chocolate production worldwide. *Phytopathology*. 2007;97:1634-1639.
8. Pokou N, Goran J, Kebe I, Eskes A, Tahí M, Sangaré A. Levels of resistance to *Phytophthora* pod rot in cocoa accessions selected on-farm in Côte d'Ivoire. *Crop Protection*. 2008;27:302-330.
9. Guest D. Black pod: diverse pathogens with a global impact on cocoa yield. *Phytopathology*. 2007;97:1650-1653.
10. Stamps J. *Phytophthora palmivora*. CMI Description of pathogenic fungi and Bacteria N° 831. Set N° 84. 1998.
11. Holdridge LR. Life Zone Ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. 1967. 500p.
12. Barnett H, Hunter B. Illustrated genera of imperfect fungi. Third edition. Burgess Publishing Company. Minnesota E.U. 1972. Pp 273.

13. Erwin DC, Ribeiro OK. *Phytophthora* Diseases Worldwide. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota. 1996. Pp 62.
14. Hanada RE, de Souza JT, Pomella AWV, Hebbar KP, Pereira JO, et al. *Trichoderma martiale* sp. nov., a new endophyte from sapwood of *Theobroma cacao* with a potential for biological control. Mycological Research. 2008;112:1335-1343.
15. Hubeaux D. Caracterisation du *Phytophthora*, agent de la pourriture brune de la cabosse, à Cuba. B. Sc. Louvain: Université Catholique de Louvain, Francia. 2010. 90 pp.
16. Sánchez-Mora F, Garcés FR, Vera JF, Ramos RA, Troya F, Díaz TG. Cuantificación de enfermedades en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona central del Litoral Ecuatoriano. In: Memorias del VIII Simposio Internacional de Recursos Genéticos para América Latina y El Caribe, Quito, Ecuador, 2011. CD. 2011.
17. Hanada RE, Pomella AWV, Salazar H, Pereira JO. Selección de hongos endofíticos visando o controle biológico de *Phytophthora* sp., agente causal da podridão-parda dos frutos de cacau. Fitopatologia Brasileira. 2004;29:134.
18. Tchameni SN, Ngonkeu MEL, Begoude BAD, Wakam NL, Fokoma R, Owona AD, et al. Effect of *Trichoderma asperellum* and arbuscular mycorrhizal fungi on cacao growth and resistance against black pod disease. Crop Protection. 2011;30:1321-1327.
19. Matos G, Blaha G, Rodriguez F, Cabrera M, Marquez J, Martinez F, et al. Losses due to *Phytophthora palmivora* (Butl.) and other agents on cocoa plantations in Baracoa. Café y Cacao. 1998;1:7-11.
20. Phillips-Mora W, Castillo J, Krauss U, Rodríguez E, Wilkinson MJ. Evaluation of cacao (*Theobroma cacao*) clones against seven Colombian isolates of *Moniliophthora roreri* from four pathogen genetic groups. Plant Pathology. 2005;54:483-490.
21. Rodríguez E. Técnica de reducción de inóculo para controlar la Moniliasis del cacao en Santander. Revista Corpoica. 2006;4(4): 68-78.
22. FEDECACAO (Federación Nacional de Cacaoteros). Reconocimiento y control de la Monilia del cacao. Plegable 3. Colombia. 2004. 4 p.
23. Deberdt P, Mfegue CV, Tondje PR, Bon MC, Ducamp M, Hurard C, et al. Impact of environmental factors, chemical fungicide and biological control on cacao pod production dynamics and black pod disease (*Phytophthora megakarya*) in Cameroon. Biological Control. 2008;44:149-159.
24. Acebo-Guerrero Y, Hernández-Rodríguez A, Heydrich-Pérez M, ElJaziri M, Hernández-Lauzardo AN. Management of black pod rot in cacao (*Theobroma cacao* L.). Fruits. 2012;67:41- 48.
25. Ndoumbè-Nkeng M, Cilas C, Nyemb E, Nyasse S, Bieysse D, Flori A, Sache I. Impact of removing disease pods on cocoa black pod caused by *Phytophthora megakarya* and on cocoa production in Cameroon. Crop Protection. 2004;23(5):415-424.
26. Adejumo TO. Crop protection strategies for major diseases of cocoa, coffee and cashew in Nigeria. African Journal of Biotechnology. 2005;4(2):143-150.
27. Isaac Y, Yopoku I, Akrofi Y, Appiah A. Assessment of sanitation and fungicide application directed at cocoa tree trunks for the control of *Phytophthora* black pod infections in pods growing in the canopy. Eur J Plant pathol. 2007;117(2):167-175.
28. Sanchez FD, Garces FR. *Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans et al. en el cultivo de cacao *Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans et al. in the crop of cocoa. Scientia Agropecuaria. 2012;3:249-258.
29. Matos Y, Peteira B, Matos G, Decock C, Hubeaux D, Lambertt W, et al. Prueba de apareamiento en 90 aislamientos de *Phytophthora*, provenientes de frutos enfermos de cacao (*Theobroma cacao* Lin.) en el municipio de Baracoa, provincia Guantánamo, Cuba. Rev Protección Veg. 2011;26:198-199.
30. Kroon L, Brouwer H, de Cock A, Govers F. The genus *Phytophthora*. Phytopathology. 2012;102:348-364.
31. Evans HC. Pod rot of cacao caused by *Moniliophthora* (*Monilia*) *roreri*. Phytopathological Papers. 1981;24:1-44.
32. Ramírez JG. Incidencia, diagnóstico, comportamiento y alternativas de manejo de marchitez del aguacate con énfasis en *Phytophthora cinnamomi* Rands. Trabajo de grado para optar al título de Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Colombia. 189 pp.

Recibido: 24-6-2015.

Aceptado: 18-12-15.