



EVALUACIÓN DE PODAS DE REHABILITACIÓN PARA EL MANEJO DE *Monilliothora pernicioso* EN UN SISTEMA AGROFORESTAL CON COPOAZÚ (*Theobroma grandiflorum*) EN CONDICIONES DE LA REGIÓN NOROCCIDENTAL DE LA AMAZONIA COLOMBIANA

Evaluation of rehabilitation pruning for the management of Monilliothora pernicioso in an agroforest system with copoazú (Theobroma grandiflorum) under conditions of the northwest region of the colombian amazon

Jhan Carlos Cardozo Hoyos¹

 <https://orcid.org/0009-0006-0774-2033>

 jh.cardozo@udla.edu.co

¹Valentina Plaza Leitón

<https://orcid.org/0009-0004-8935-4549> 

v.plazas@udla.edu.co 

Arlinson Ruiz España¹

 <https://orcid.org/0009-0009-2487-8364>

 ar.ruiz@udla.edu.co

¹Diego Francisco Castro Rojas

<https://orcid.org/0000-0002-3430-4331> 

d.castro@udla.edu.co 

Lyda Constanza Galindo Rodríguez²

 <https://orcid.org/0000-0002-6453-8884>

 ly.galindo@udla.edu.co

^{2,3}Edgar Martínez Moyano

<https://orcid.org/0000-0001-7608-2872> 

emartinez@dna.uba.ar 

¹Programa de Ingeniería Agroecológica, Facultad de Ingenierías, Universidad de la Amazonia, Florencia, Colombia.

²Laboratorio de Micología y Fitoprotección, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de la Amazonia, Florencia, Colombia.

³Present Address: Laboratory of Plant Signal Transduction, Institute of Genetic Engineering and Molecular Biology (INGEBI), National Scientific and Technical Research Council (CONICET), Buenos Aires C¹⁴²⁵FQB, Argentina

Cómo citar:

Fecha recepción: 08 de Mayo de 2024 / Fecha Aprobación: 30 de Agosto 2024 / Fecha Publicación: 30 de Septiembre 2024

Cardozo Hoyos, J. C., Ruiz España, A., Plaza Leitón, V., Castro Rojas, D. F., Galindo Rodríguez, L. C. & Martínez Moyano, E. (2024). Evaluación de podas de rehabilitación para el manejo de *monilliothora pernicioso* en un sistema agroforestal con copoazú (*theobroma grandiflorum*) en condiciones de la región noroccidental de la amazonia colombiana. Revista. FAGROPEC. Vol. 16(2), ppt 39-53.



Este artículo puede compartirse bajo la Licencia Creative Commons (CC BY 4.0).

RESUMEN

Escoba de bruja ocasionada por el fitopatógeno (*Monilliophthora perniciosa*) es una de las enfermedades fúngicas más destructivas en el cultivo de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) en la región Amazónica colombiana. Para ello, este trabajo tuvo la finalidad de evaluar las podas de rehabilitación para el manejo de escoba de bruja en un sistema agroforestal con copoazú. Se evaluó la incidencia, severidad y la relación entre las variables ambientales y el avance de la enfermedad, usando dos diferentes podas de rehabilitación y un control (cultivo sin intervención), evaluado en dos épocas distintas del año (periodo de baja precipitación: seca y periodo de alta precipitación: lluviosa). Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0.0001$) para todos los factores evaluados tanto en incidencia como en severidad (Tratamientos, época y su interacción), con valores medios más bajos en el tratamiento 2: Poda de rehabilitación con cuatro mesas de ramificación con un valor medio de 4.4% y 0,08 respectivamente, en la época seca se observó los menores valores para ambas variables, en la relación entre el avance de la enfermedad escoba de bruja y las variables ambientales se encontró una alta correlación entre la incidencia y severidad de la enfermedad con las variables humedad relativa y precipitaciones, lo que pone en evidencia que en la región Amazónica colombiana se dan las condiciones propicias para el avance de la escoba de bruja en plantaciones de copoazú. Finalmente, se observa que las podas de rehabilitación en el cultivo de copoazú puede ser un método eficaz para el control de la escoba de bruja en la región Amazónica colombiana.

Palabras clave:

Escoba de bruja, *Theobroma grandiflorum*, *Moniliophthora perniciosa*, fitopatógeno, enfermedad fúngica.

ABSTRACT

Witch's broom, caused by the phytopathogen *Moniliophthora perniciosa*, is one of the most destructive fungal diseases affecting copoazú (*Theobroma grandiflorum*) cultivation in the Colombian Amazon region. This study aimed to evaluate rehabilitation pruning as a method for managing witch's broom in an agroforestry system with copoazú. The incidence, severity, and the relationship between environmental variables and disease progression were assessed using two different rehabilitation pruning methods and a control (crop without intervention). Evaluations were conducted during two different periods of the year: the dry season and the rainy season. Highly significant statistical differences ($P < 0.0001$) were found for all evaluated factors in both incidence and severity (treatments, season, and their interaction). Treatment 2, which involved rehabilitation pruning with four branches retained, showed the lowest mean values with an average incidence of 4.4% and severity of 0.08. During the dry season, the lowest values for both variables were observed. Regarding the relationship between the progression of witch's broom disease and environmental variables, a high correlation was found between disease incidence and severity with relative humidity and precipitation. This indicates favorable conditions for the advancement of witch's broom in copoazú plantations in the Colombian Amazon region. In conclusion, rehabilitation pruning in copoazú cultivation appears to be an effective method for controlling witch's broom in the Colombian Amazon region.

Keywords:

Witch's broom, *Theobroma grandiflorum*, *Moniliophthora perniciosa*, phytopathogen, fungal disease.

INTRODUCCIÓN

El copoazú (*Theobroma grandiflorum* Willd. ex Spreng.), nativo de la selva amazónica y clasificado dentro de la familia Malvaceae, ha sido domesticado por las comunidades locales de la región. Su principal uso se centra en la pulpa que rodea las semillas y en la grasa extraída de estas últimas. Desde la década de los 70, su cultivo se ha extendido tanto a pequeña como a gran escala en numerosas zonas rurales de la cuenca del Amazonas (Da Silva et al., 2017).

El departamento del Caquetá, posee 44 hectáreas sembradas de copoazú, con producciones de 90 toneladas anuales, concentrada la siembra en los municipios de Belén de los Andaquíes y El Doncello, en su mayoría implementadas a partir de sistemas agroforestales con caucho (*Hevea brasiliensis*) y árboles maderables nativos de la región (Secretaría de Agricultura del Caquetá, 2017). Las estimaciones de implementaciones y producción pueden ser mayores, sin embargo, no existen datos actualizados.

Según lo mencionado por Pugliese et al. (2013), la pulpa del copoazú desempeña un papel crucial en la industria, siendo utilizada en la elaboración de jugos, dulces y helados. Por otro lado, de las semillas se extrae una grasa de alta calidad que encuentra aplicaciones en la producción de aminoácidos, diversos compuestos y vitaminas, principalmente en el ámbito de la industria cosmética.

Pese a estas ventajas productivas, el copoazú al igual que otras especies del género *Theobroma* se ven afectadas por muchos problemas fitosanitarios dentro de los que se encuentra la enfermedad de la escoba de bruja (Alves y Resende 2008), causada por *Monilliphthora perniciosa*, un basidiomiceto hemibiotrófico (Aime y Phillips-Mora 2005). El patógeno también ataca las células de la corteza del fruto y posteriormente las semillas. La escoba de bruja es el principal factor limitante para la producción de copoazú (Lopes et al., 2011).

Esta enfermedad afecta los brotes de las ramas, floración y fruto. Los géneros *Theobroma* han sido afectados por este patógeno que en algunos casos donde no se le presta debido proceso de control de manejo del cultivo, ha logrado devastar con cerca del 70% de producción anual afectando directamente la economía nacional e internacional (Pereira et al., 2015).

En la actualidad se han utilizado diversas estrategias para poder mitigar la afectación de la escoba de bruja (Parra et al., 2008). Sin embargo, el control cultural (manejo tradicional del cultivo) es una alternativa amigable con el medio ambiente y el entorno, que no solo beneficia el cultivo, sino que a través de la biomasa resultado de la poda logra quedar disponible para el proceso de descomposición. Para este caso la poda de rehabilitación y/o control fitosanitario ha logrado permitir que la planta adquiera más capacidad de penetración de la radiación solar, la cual reduce el foco de humedad y minimiza la infestación del patógeno sobre el cultivo (Rivera et al., 2014).

Por lo tanto, realizar estudios que permitan observar el impacto real generado por las podas de rehabilitación en plantaciones comerciales es de vital importancia, dado que permitirá comprender si se reduce la incidencia de problemas fitopatológicos, lo que a su vez mejora el rendimiento y la rentabilidad para el departamento del Caquetá y la Región Amazónica colombiana.

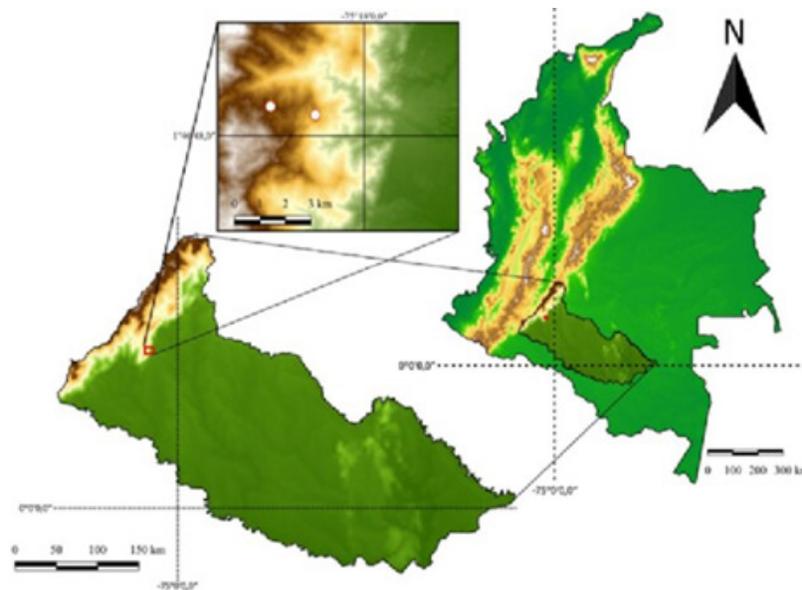
METODOLOGÍA

Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en la vereda Balcanes zona rural del municipio de Florencia. Geográficamente localizada en el departamento del Caquetá ($1^{\circ}37' N$ y $75^{\circ}36' W$), con una altitud de 250 msnm y temperatura $25^{\circ} C$, con un clima AF (Clima de selva tropical lluviosa) según la clasificación de Köppen (Estrada y Rosas, 2008) (Figura 1).

Figura 1.

Área de estudio. Tomado de Trujillo et al. (2014).



Diseño Experimental

Se evaluaron tres predios que contenían un Sistema Agroforestal – SAF de sombra intensa, asociado a diferentes especies forestales, leguminosas en conjunto con las plantaciones de cultivo de copoazú (*T. grandiflorum*), con árboles maderables como el abarco (*Cariniana pyriformis* Miers), caucho (*Hevea brasiliensis*), laurel blanco (*Laurus nobilis*), laurel amarillo (*Cascabela thevetia*), castaña (*Caryodendron orinocense*), ahumado (*Minquartia guianensis*) y cultivo de Maraco (*Theobroma bicolor*). El modelo de las plantaciones de copoazú tiene una distancia entre planta de 4m y una distancia entre surco de 7m.

En estos, se estableció un Diseño en campo de Bloques Completamente al Azar (DBCA) (tres bloques), con tres tratamientos (**T1**: Testigo: sin intervención, **T2**: Poda de rehabilitación de cuatro mesas de ramificación en los árboles de cada unidad experimental - UE y **T3**: Poda de rehabilitación de cinco mesas de ramificación en los árboles de cada UE y 5 plantas por cada uno para un total de 15 plantas por bloque (Figura 2).

Figura 2.

Diseño de bloques completamente al azar (DBCA) de los predios de evaluación. **T1**: Testigo: sin intervención, **T2**: Poda de rehabilitación con cuatro mesas de ramificación en los árboles de cada UE y **T3**: Poda de rehabilitación con cinco mesas de ramificación en los árboles de cada UE.

Bloque I	T3	T1	T2
Bloque II	T2	T1	T3
Bloque III	T1	T3	T2

Fase de campo

Determinación de la incidencia de escoba de bruja (*M. perniciosa*)

Para la evaluación de incidencia de la escoba de bruja en campo presente en plantaciones de copoazú se empleó la siguiente ecuación:

$$I (\%) = (N_i / N_t) \times 100$$

Donde, **N_i** corresponde al número de individuos con síntomas de la enfermedad (infectados) y **N_t** representa el número total de individuos evaluados pertenecientes al cultivar.

A partir de la ecuación anterior se empleó la siguiente nomenclatura para la enfermedad: IEB: donde IEB corresponde a la incidencia de escoba de bruja (*M. perniciosa*).

Estas evaluaciones se desarrollaron cada 15 días en cada uno de los predios usando todas las plantas disponibles en el diseño experimental.

Estimación de la severidad de escoba de bruja (*M. perniciosa*)

Para la estimación de la severidad se usó la valoración del daño de acuerdo con lo propuesto por Barros (1981).

Escala para evaluación de incidencia de enfermedades por patógenos en ramas y frutos:

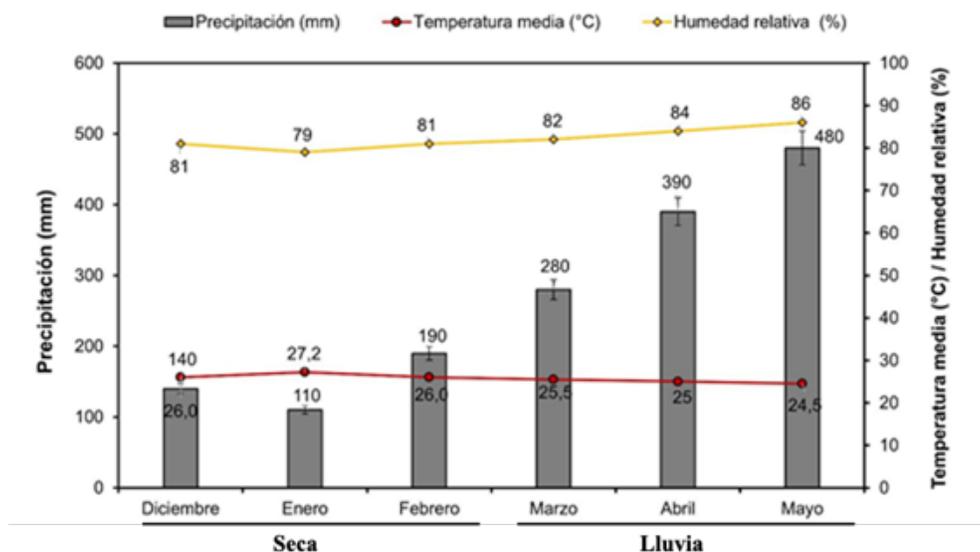
- Nula = (0) Sin presencia del patógeno en ramas o frutos.
- Leve = (1) Presencia del patógeno entre 1 a 3 ramas o frutos por árbol.
- Moderada = (2) Presencia del patógeno entre 4 a 6 ramas o frutos por árbol.
- Alta = (3) Presencia del patógeno en más de 7 ramas o frutos por árbol.

Análisis de la relación entre el avance de la enfermedad escoba de bruja y las variables ambientales

Para el análisis de las variables ambientales en relación con el avance de la enfermedad, se tomaron los datos suministrados por el IDEAM (2024), específicamente de temperatura (T°), humedad relativa (HR) y precipitación, las condiciones climáticas corresponden a una región tropical húmeda. El análisis de estas condiciones se dividió en dos periodos climáticos: periodo 1: época seca (Diciembre 2023-Febrero 2024) y periodo 2: época lluvia (Marzo-Mayo 2024). Los datos mostraron que la precipitación (mm) y la humedad relativa (%) tuvieron valores más altos en los meses de lluvia (82 y 86% para humedad relativa; 280 y 480 mm para precipitación), mientras que en la época seca se evidenció que los valores fueron más bajos (79 y 81% para humedad relativa y, 110 y 190 mm para precipitación). En cuanto la temperatura media (°C), se observó una tendencia inversa con los datos de humedad relativa (%) y precipitación (mm), dado que, cuando estas variables aumentaron, la temperatura disminuyó y osciló entre 24.5°C en la época lluviosa y 27.2°C en el periodo seco (Figura 3).

Figura 3.

Condiciones climáticas para los periodos evaluados (comprendidos entre diciembre de 2023 y mayo de 2024), en la vereda Balcanes, municipio de Florencia (Caquetá, Colombia). Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM (2024).



Se realizaron análisis de correlación canónica y análisis de componente principales ACP para observar la relación existente entre estas respecto de los tratamientos y las épocas evaluadas.

ANÁLISIS DE DATOS

Antes de llevar a cabo el análisis estadístico, se realizó una comprobación de la normalidad de los datos mediante una prueba gráfica Qq-plot (Quantile-Quantile Plot) y para verificar la homogeneidad de varianza se usó una prueba de Fitted.

Para la variable de incidencia y severidad en campo de *M. perniciosa* se efectuó un Modelo Lineal General y Mixto MLGyM, con los tratamientos como efectos fijos (**T1**: Testigo, **T2**: Poda de rehabilitación manejando cuatro mesas en los árboles de cada UE y **T3**: Poda de rehabilitación manejando cinco mesas en los árboles de cada UE) y los bloques como efecto aleatorio. Los criterios de Akaike (AIC) y Bayesiano (BIC) se usaron para escoger el mejor modelo, mediante la prueba de separación de medias LSD de Fisher con una significancia del 95%.

De igual forma, se efectuó un análisis de correlación canónica de Pearson y un análisis de componentes principales ACP, para observar la relación existente entre las variables ambientales y fitopatológicas, con respecto a las épocas y tratamientos evaluados en este estudio. Todos los análisis se corrieron en el Programa InfoStat (Di Rienzo et al., 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de la incidencia de escoba de bruja (*M. perniciosa*) en un sistema agroforestal con copoazú (*T. grandiflorum*)

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para la incidencia de escoba de bruja (*M. perniciosa*), evidenció diferencias estadísticas significativas ($P < 0.0001$) para todos los factores evaluados (Tratamientos, época y su interacción). Los valores medios de incidencia para los tratamientos oscilaron entre 4,44% para el **T2**: Poda de rehabilitación con cuatro mesas de ramificación, mostrando los valores más bajos de progreso de la enfermedad y 47,50% para el **T1**: Control: sin intervención. En cuanto a las épocas se observa poca incidencia en la época seca (16,11%) con relación a la época lluviosa (32,96%), donde hay una mayor afectación de la escoba de bruja en la plantación de *T. grandiflorum* (Tabla 1).

Tabla 1.

Notas medias de incidencia de escoba de bruja (*M. perniciosa*) en un sistema agroforestal con copoazú (*T. grandiflorum*).

Factor	Nivel	Incidencia (%)	P-valor
Tratamiento	T1	47,50±0,94c	<0,0001***
	T2	4,44±0,94a	
	T3	21,67±0,94b	
Época	Seca	16,11±0,76a	<0,0001***
	Lluvia	32,96±0,76b	
Interacción	T1-Seca	34,44±1,32c	<0,0001***
	T1-Lluvia	60,56±1,32d	
	T2-Seca	2,78±1,32a	
	T2-Lluvia	6,11±1,32a	
	T3-Seca	11,11±1,32b	
	T3-Lluvia	32,22±1,32c	

Medias en cada columna que comparten una misma letra no son significativamente diferentes (Prueba DGC, $P < 0,05$).

***Diferencias altamente significativas.

T1: Testigo: sin intervención, **T2:** Poda de rehabilitación con cuatro mesas de ramificación en los árboles y **T3:** Poda de rehabilitación con cinco mesas de ramificación en los árboles.

Los valores de incidencia de la escoba de bruja pueden variar dependiendo del sitio donde se desarrolle el cultivo y las condiciones climáticas propias del lugar (Abad et al., 2018). De manera que cuando las condiciones ambientales se mantienen constantes (humedad relativa superior al 80%, precipitaciones constantes y temperaturas entre 22-28°C), la incidencia de la enfermedad es alta durante periodos de tiempo prolongados (Tirado et al., 2016); estas condiciones son similares a las de esta zona de estudio, en la región noroccidental de la Amazonia colombiana.

Pese a que las condiciones propias de la región Amazónica colombiana están dadas para que se desarrolle el fitopatógeno *M. perniciosa*, se ve una disminución considerable en los valores de incidencia en el Tratamiento 2: Poda de rehabilitación con cuatro mesas de ramificación en los árboles, con cerca del 4% de incidencia; lo que deja en evidencia que la poda reduce el impacto ocasionado por el patógeno. Lo anterior se relaciona con lo planteado por Vega et al. (2021), quienes afirman que las podas en árboles de *Theobroma* reduce el impacto ocasionado por enfermedades especialmente Moniliasis.

Por lo tanto, las podas pueden favorecer la producción y generar una mayor eficiencia fotosintética de los árboles, en la medida que la poda de copa es una alternativa para aumentar la productividad del Copoazú ya que requiere poca inversión económica (López et al., 2017). De manera que se observa una marcada tendencia en reducción de la incidencia en la época seca para todos los tratamientos evaluados y la influencia de las podas en esto, lo que permite demostrar que la poda mejora la estructura de la planta, protege frente a problemas fitosanitarios y aumenta la productividad en los cultivos, constituyendo así un factor favorable para solucionar los inconvenientes de la baja productividad en plantaciones comerciales (Vera et al., 2022).

La escoba de bruja tiene una alta incidencia en todas las zonas donde se tienen plantaciones actualmente, provocando pérdidas considerables en la producción, ya que incluso puede causar la muerte de la planta debido a los ciclos sucesivos del patógeno (Barsottini et al., 2013), por ende, la presencia de escoba de bruja en cultivares de la región es una amenaza latente para los productores locales que dependen en gran parte su economía de la venta de este producto.

Estimación de la severidad de escoba de bruja (*M. perniciosa*) en un sistema agroforestal con copoazú (*T. grandiflorum*)

En cuanto a la estimación de la severidad de escoba de bruja (*M. perniciosa*), se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.0001$) para todos los factores evaluados (Tratamientos, época y su interacción). Los valores medios de severidad para los tratamientos oscilaron entre 0,08 para el T2: Poda de rehabilitación con cuatro mesas de ramificación, mostrando los valores más bajos del impacto de la enfermedad y 1,36 para el T1: Control: sin intervención, en donde se observó la mayor afectación ocasionada por escoba de bruja. Para las épocas se observa baja severidad en la época seca (0,34), respecto de la época lluviosa (0,94), donde hay una mayor afectación de la escoba de bruja en la plantación de *T. grandiflorum* (Tabla 2).

Tabla 2.

Notas medias de severidad de escoba de bruja (*M. perniciosa*) en un sistema agroforestal con copoazú (*T. grandiflorum*).

Factor	Nivel	Severidad	P-valor
Tratamiento	T1	1,36±0,05c	<0,0001***
	T2	0,08±0,05a	
	T3	0,47±0,05b	
Época	Seca	0,34±0,04a	<0,0001***
	Lluvia	0,94±0,04b	

	T1-Seca	0,79±0,08b	
	T1-Lluvia	1,94±0,08c	
Interacción	T2-Seca	0,04±0,08a	<0,0001***
	T2-Lluvia	0,12±0,08a	
	T3-Seca	0,19±0,08a	
	T3-Lluvia	0,76±0,08b	

Medias en cada columna que comparten una misma letra no son significativamente diferentes (Prueba DGC, $P < 0,05$).

***Diferencias altamente significativas.

T1: Testigo: sin intervención, **T2:** Poda de rehabilitación con cuatro mesas de ramificación en los árboles y **T3:** Poda de rehabilitación con cinco mesas de ramificación en los árboles.

En estudios en condiciones similares en la Amazonia Ecuatoriana se ha evaluado la severidad de escoba de bruja con notas de severidad media de 0,59 cuando se usan podas en las plantaciones (Malhotra & Apshara, 2017), resultados similares a los reportados en este trabajo, lo que refleja que el uso de podas reduce el impacto de *M. perniciosa* en cultivos de *T. grandiflorum*.

De igual forma, en trabajos realizados por Fernández et al. (2020), se reporta que la presencia de la escoba de bruja se ve severamente influenciada por la época del año y la severidad de la poda fitosanitaria, lo que pone en evidencia una disminución del patógeno en épocas secas tal y como se observa en los resultados de este trabajo, en donde el hongo no tiene las condiciones óptimas para su desarrollo. De manera que en la época seca, el patógeno sobrevive en las escobas y frutos momificados que permanecen adheridos al árbol y se reactiva cuando llegan las lluvias, emitiendo los paraguas denominados basidiocarpos (ICA, 2022).

Esta es una de las principales preocupaciones con escoba de bruja, ya que es una enfermedad de fácil propagación, que se ve altamente influenciada por las condiciones ambientales propias del entorno, por ende, una de las formas más efectivas para su manejo es mediante la remoción exhaustiva de los órganos enfermos, realizada en el momento de la poda del cultivo (Murrieta & Palma, 2018).

De acuerdo con lo expuesto por Solis et al. (2021), se debe tener en cuenta el ciclo del patógeno para realizar podas efectivas en el manejo de la enfermedad en los cultivos, estas por lo general deben efectuarse en periodos secos, en donde no hay mucha presencia de la enfermedad y el tiempo de colonización del micelio es mucho más largo, lo que facilita el manejo de las plantaciones.

Análisis de la relación entre el avance de la enfermedad escoba de bruja y las variables ambientales

La máxima correlación ($r_s = 0,92$) se observó entre la severidad de escoba de bruja y la humedad relativa (HR), seguida por la correlación entre la incidencia (%) y la precipitación (mm) ($P < 0.001$), de igual forma hay alta correlación entre la humedad relativa (HR) y la incidencia (%) ($r_s = 0,85$; $P < 0.001$), no se observó correlación entre la temperatura (T°) y la incidencia y severidad de la escoba de bruja ($r_s = 0,02$ y $0,04$ respectivamente) (Tabla 3).

Existe una alta correlación entre las variables ambientales Humedad relativa (%) y precipitación (mm), con respecto a las variables fitopatológicas de incidencia y severidad de escoba de bruja, esto puede estar fuertemente explicado por los requerimientos del patógeno para poder generar signos visibles de la enfermedad en plantaciones de copoazú.

Tabla 3.

Correlación de Pearson entre las variables ambientales y la incidencia y severidad de escoba de bruja (*M. perniciosa*) en un sistema agroforestal con copoazú (*T. grandiflorum*) bajo condiciones de la Amazonia colombiana.

Variables	Incidencia	Severidad	Temperatura	Humedad	Precipitación
Incidencia (%)	1	-	-	-	-
Severidad	0,63**	1	-	-	-
Temperatura (T°)	0,02ns	0,004ns	1	-	-
Humedad relativa (HR)	0,85**	0,92**	-0,65**	1	-
Precipitación (mm)	0,91**	0,82**	-0,55**	0,58**	1

ns: no significativo

** : Muy significativo ($P < 0.01$)

Esta enfermedad requiere factores ambientales específicos para su proliferación, dentro de estos la temperatura entre 20 a 28oC), intensidad de lluvias (200 a 300 mm/mes) y humedad relativa entre 80 a 90 % (Vera et al., 2024); estas condiciones son muy similares para este estudio en el periodo lluvioso, que coincide con los aumentos tanto en severidad como en incidencia de la enfermedad.

M. perniciosa es un hongo que puede durar durante varios ciclos en las plantaciones, por ende erradicarlo completamente es un problema de gran relevancia. Además, se ha demostrado que las esporas pueden ser dispersadas por el agua de lluvia cuando entran en contacto con las partes bajas de ramas y de troncos de árboles enfermos (Rivera et

al., 2014).

Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales (ACP) realizado sobre la matriz de correlación para los periodos de evaluación (época seca y lluviosa) y tratamientos evaluados sobre las variables ambientales y fitosanitarias, mostró que la primera componente principal (CP1) aporta el 73,1% de la variabilidad total, las dos primeras componentes principales presentan raíces características mayores a la unidad capturando el 100% de los datos. Al analizar los coeficientes de los vectores asociados a las dos primeras componentes se encontró que las variables de mayor importancia en su orden fueron: humedad relativa, incidencia y severidad de escoba de bruja.

Según la Figura 4, la primera componente principal CP1 con un aporte de 73,6% separó a las variables humedad relativa, precipitaciones, incidencia y severidad de la enfermedad al extremo positivo de dicha componente asociado con la época lluviosa y los tratamientos 1 y 3; de la variable temperatura al extremo negativo de dicha componente asociado con la época seca independiente de los tratamientos evaluados.

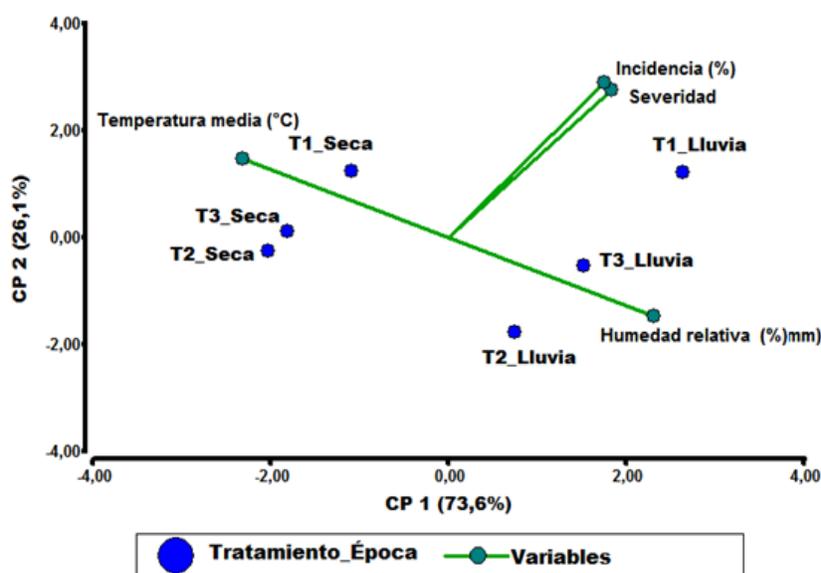


Figura 4. Análisis de componentes principales-ACP (grafico biplot), para las variables ambientales y fitosanitarias, respecto a las épocas de muestreo de escoba de bruja (*M. perniciosa*) en un sistema agroforestal con copoazú (*T. grandiflorum*). **T1:** Testigo: sin intervención, **T2:** Poda de rehabilitación con cuatro mesas de ramificación en los árboles y **T3:** Poda de rehabilitación con cinco mesas de ramificación en los árboles.

Entre los principales métodos de control esta la poda, actualmente no existen dudas que esta reduce considerablemente la infección de la enfermedad (Vera et al., 2024), pero se tienen vacíos muy grandes en el estudio de *T. grandiflorum* dado principalmente a que se

desconoce la frecuencia con la que se hace el manejo cultural por parte de los productores, y esto aumenta el poder cuantificar el impacto real que tiene la escoba de bruja en las plantaciones.

El ICA (2022), recomienda que el control se basa en la creación de un ambiente favorable para el árbol y desfavorable al patógeno; esto contribuye a menor pérdida de frutos, dentro de las prácticas de cultivo que conducen a favorecer las condiciones apropiadas del árbol y negativas para la enfermedad se destacan: Reducir o mantener una altura máxima de 4 metros en las plantas, realizar mínimo dos podas de mantenimiento al año, a finales o comienzo de los periodos secos, es decir, entre los meses de febrero-marzo y julio-agosto, durante y después de las podas, hacer una remoción de tejidos enfermos, escobas y frutos y no se recomienda el control químico.

CONCLUSIÓN

Finalmente, se logró determinar la incidencia y severidad de la escoba de bruja (*M. perniciosa*) en un sistema agroforestal con copoazú (*T. grandiflorum*), en donde se pudo encontrar diferencias estadísticas significativas para todos los factores evaluados (Tratamientos, época y su interacción), con una incidencia y severidad baja en el tratamiento 2: Poda de rehabilitación con cuatro mesas de ramificación con valores medios de 4.4% y 0.34, ambos registrados para la época de bajas precipitaciones (época seca). Asimismo, el análisis de la relación entre el avance de la enfermedad y las variables ambientales del noroccidente de la Amazonia colombiana, mostraron una alta correlación entre la intensidad de los síntomas de la escoba de bruja y las variables humedad relativa y precipitaciones, lo que demuestra que el manejo cultural con podas de rehabilitación reduce el impacto que tiene esta enfermedad sobre las plantaciones de copoazú en esta región del país, que puede servir como alternativa para el manejo integrado de problemas fitosanitarios asociados a este cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, M., Alvarado, A., & Gallardo, A. (2018). Análisis comparativo sobre la incidencia de las tres principales enfermedades en el cacao CCN-51, en el cantón La Troncal, provincia del Cañar, Ecuador. *Revista Científica Ciencia Natural Ambiente*, 12(1), 20–30.
- Aime, M. C., & Phillips-Mora, W. (2005). The causal agents of witches' broom and frosty pod rot of cacao (*Theobroma cacao*) form a new lineage of Marasmiaceae. *Mycologia*, 97(5), 1012–1022. <https://doi.org/10.3852/mycologia.97.5.1012>
- Alves, R. M., Silva, C. R. S., Silva, M. S. C., Silva, D. C. S., & Sebbenn, A. M. (2013). Diversidade genética em coleções amazônicas de germoplasma de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* [Willd. ex Spreng.] Schum.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35, 818–828. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000300019>
- Barros, O. (1981). *Cacao. Manual de asistencia técnica agropecuaria* (No. 23, pp. 210–

- 216). ICA.
- Barsottini, O. G. P., Pedroso, J. L., França Jr., M. C., Braga Neto, P., D'Abreu, A., Saraiva Pereira, M. L., & Saute, J. A. (2013). Nonmotor and extracerebellar features in Machado-Joseph disease: A review. *Movement Disorders*, 28(9), 1200–1208. <https://doi.org/xxxx> (Si tienes el DOI, agrégalo)
- Da Silva, R. A., Souza, G., Lemos, L. S. L., Lopes, U. V., Patrocino, N. G. R. B., Alves, R. M., Marcellino, H. L., Clément, D., Micheli, F., & Gramacho, K. P. (2017). Genome size, cytogenetic data, and transferability of EST-SSRs markers in wild and cultivated species of the genus *Theobroma* L. (Byttnerioideae, Malvaceae). *PLoS ONE*, 12(2), e0170799. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170799>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2020). *InfoStat versión 2018*. Universidad Nacional de Córdoba.
- Fernández Jeri, A., Torres Armas, E., Chávez Quintana, S., Julca Otiniano, A., & Fernández Jeri, L. (2022). Caracterización socioeconómica y ambiental de las fincas productoras de cacao nativo en la provincia de Bagua, Perú. *Idesia (Arica)*, 40(2), 67–75.
- IDEAM [Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales]. (2024). *Datos meteorológicos del Departamento del Caquetá: Estación Limnimétrica de Albania Caquetá* (p. 223). Bogotá.
- ICA [Instituto Colombiano Agropecuario]. (2022). *Cronograma de actividades prácticas empresariales 2021-II*. Instituto Colombiano Agropecuario.
- Lopes, U. V., Wilson, R. M., Pires, J. L., Clement, D., Yamada, M. M., & Gramacho, K. P. (2011). Cacao breeding in Bahia, Brazil—Strategies and results. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 11(spe), Viçosa. <https://doi.org/10.1590/S1984-70332011000500011>
- López Juárez, S. A., Sol-Sánchez, A., Córdova Ávalos, V., & Gallardo López, F. (2017). Efecto de la poda en plantaciones de cacao en el estado de Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14, 2807–2815. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i14.452>
- Malhotra, S. K., & Apshara, S. E. (2017). Genetic resources of cocoa (*Theobroma cacao* L.) and their utilization—An appraisal. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 77(2), 199. <https://doi.org/10.5958/0975-6906.2017.00027.X>
- Murrieta Medina, E., & Palma, H. (2018). *Manejo integrado de la “mazorca negra” en el cultivo de cacao*. USAID.
- Parra, D., Contreras, I., & Pineda, J. (2008). *Escoba de bruja del cacao en Venezuela*. Centro de Investigaciones del Estado Miranda (INIA).

- Pereira, F. M., & Kavati, R. (2015). Contribuição da pesquisa científica brasileira no desenvolvimento de algumas frutíferas de clima subtropical. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(spe1), 92–108. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500013>
- Pugliese, A. G., Tomas-Barberán, F. A., Truchado, P., & Genovese, M. I. (2013). Flavonoids, proanthocyanidins, vitamin C, and antioxidant activity of *Theobroma grandiflorum* (Cupuassu) pulp and seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(11), 2720–2728. <https://doi.org/10.1021/jf304349u>
- Rivera, R., Valarezo, O., Vera, L., Chavarría, J., & Guzmán, A. (2014). Efecto de la poda fitosanitaria sobre la enfermedad escoba de bruja en el cultivo de cacao. *Revista Intropica*.
- Secretaría de Agricultura del Caquetá. (2017). *Consenso de evaluaciones agropecuarias departamento del Caquetá 2016*. Documento técnico.
- Solís, K., Peñaherrera, S., & Vera, D. (2021). *Las enfermedades del cacao y las buenas prácticas agronómicas para su manejo*. INIAP-Pichilingue.
- Tirado, P., Lopera, A., & Ríos, L. (2016). Estrategias de control de *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa* en *Theobroma cacao* L. *Corpoica Ciencia y Tecnología*, 17(3), 417–430. <https://doi.org/10.2500-5308>
- Trujillo, E., Castro, D., & Morales, J. (2014). Inventario de la familia Araceae en la granja experimental agroecológica Balcanes de la Universidad de la Amazonia. *Momentos de Ciencia*.
- Vega, C. A., Torres-Bazurto, J., Barrientos-Fuentes, J. C., Magnitskiy, S., & Balaguera-López, H. E. (2021). Efecto de la fertilización orgánica y la poda sobre la producción de cacao en Cundinamarca, Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 24(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v24.n2.2021.1818>
- Vera-Chang, J. F., Bautista-Palma, L. A., Vásquez-Cortez, L. H., Alvarado-Vásquez, K. E., Tuarez-García, D. A., Rodríguez-Cevallos, S. L., Reyes-Pérez, J. J., Intriago-Flor, F. G., Radice, M., Naga-Raju, M., Revilla-Escobar, K., & Aldas-Moreno, J. P. (2024). Evaluación de tres intensidades de poda y cuatro fases lunares en híbridos de cacao. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 4(1), e628. <https://doi.org/10.51252/raa.v4i1.628>
- Vera, J., Vera, S., Sánchez, F., Váscquez, G., Garcés, F., Ramos, R., & Vallejo, C. (2022). Efecto alelopático de escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa* Stahel) inoculada en siete especies de malezas. *Ciencia y Tecnología*, 6(1), 11–15.