

Prevalencia de pudriciones basales en cultivos de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) MD2 en Colombia



CU-ID: 2247/v37n1e04

Prevalence of heart and root rots in MD2 pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) orchards in Colombia

Carol Liliana Puentes-Díaz, Rubilma Tarazona-Velasquez, Isabel Moreno*

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA, Centro de Investigación Palmira - Diagonal a la intersección de la Carrera 36ª con Calle 23. Palmira. Valle del Cauca. Colombia

RESUMEN: En Colombia, la producción de piña se incrementó en los últimos años y el cultivar MD2 es el de mayor potencial para exportación. Con el objetivo de establecer una línea base del estado de las pudriciones basales en cultivos de piña MD2, en dos zonas agroclimáticas del departamento del Valle del Cauca, se realizaron 13 visitas exploratorias en seis municipios, donde se recorrieron 46 fincas y 77 lotes. Durante la fase exploratoria, se realizó el seguimiento y la documentación de imágenes de los síntomas asociados a pudriciones basales, lo cual permitió la descripción de su avance sintomatológico. La prevalencia de las pudriciones basales en las zonas en estudio fue de 24,7 %, correspondiente a 19 lotes, que se presentaron, principalmente, en lotes en etapa vegetativa con niveles de afectación medio y bajo. En cuanto a las zonas en estudio, la zona de ladera fue la más afectada con 22,1 % de prevalencia, mientras que la zona plana tuvo 2,6 %, lo cual se relacionó con las prácticas implementadas en el manejo sanitario del cultivo. Tres variables cualitativas agronómicas presentaron asociación con la presencia de la enfermedad: 1) la etapa de fructificación, 2) la distribución agregada de la enfermedad y 3) el número de ciclos productivos en los lotes explorados. Los resultados de este estudio mostraron una alta prevalencia de las pudriciones basales en la zona de ladera y sugirieron una posible asociación entre los síntomas que se observaron en los cultivos de piña MD2 con la enfermedad pudrición del cogollo (PHRD), lo que debe ser confirmado con análisis complementarios.

Palabras clave: *Ananas comosus* (L.) Merr., distribución, piña MD2, prevalencia, pudriciones basales.

ABSTRACT: The commercial cultivation of pineapple has increased in Colombia in the last years with a high export potential of the MD2 hybrid. With the objective of establishing a base line of the heart and root rots in MD2 pineapple orchards of two agroclimatic zones of the department of Valle del Cauca, 13 exploratory visits were conducted to 46 orchards and 77 plots in six municipalities. The observation process and the recorded symptoms associated with heart and root rots allowed us to determine progression of their symptoms. The prevalence of the disease in the zones of study was 24,7 %, which corresponded to 19 infected plots mainly in vegetative phase with medium and low levels of occurrence. Regarding the agroclimatic zones in study, the upper land zone, with a prevalence of 22,1 %, was the most affected, while the prevalence in the lower land zone was 2,6 %, which could be associated with the implemented phytosanitary management. Three qualitative agronomic variables were associated with the presence of the disease: 1) the fructification phase, 2) the aggregated distribution of the disease, and 3) the number of production cycles in the studied plots. The results of this study showed a high prevalence of heart and root rots in the upper zone and suggested a possible association between symptoms observed in the studied MD2 pineapple orchards and pineapple heart rot disease (PHRD), but this must be confirmed with complementary studies.

Key words: *Ananas comosus* (L.) Merr., distribution, heart and root rots, MD2 hybrid, prevalence.

INTRODUCCIÓN

La piña (*Ananas comosus* [L.] Merr.) es originaria de Sur América y pertenece a la familia Bromeliaceae, género *Ananas*. La especie *A. comosus* resulta la más importante, ya que se cultiva con fines alimenticios (1-3). La piña está dentro de las tres frutas tropicales más significativas en cuanto a comercialización, y

Costa Rica es el principal productor (4). En Colombia, el cultivo se encuentra entre las líneas productivas con mayor participación en el área sembrada hortofrutícola, que concentra el 68 % del total del área sembrada del país (5). El departamento del Valle del Cauca cuenta con 2,388 has sembradas de piña, con una producción de 138 694 ton (6) y con una participación del 58 % en la exportación del cultivar MD2 (7).

*Correspondencia a: Isabel Moreno, E-mail: mimoreno@agrosavia.co

Recibido: 21/09/2021

Aceptado: 24/12/2021

La producción comercial de piña MD2 requiere de la implementación de un manejo fitosanitario adecuado por su susceptibilidad a plagas y enfermedades. Entre estas limitantes, las pudriciones basales históricamente se han notificado como las enfermedades más importantes del cultivo, ampliamente diseminadas y comúnmente presentes en las plantaciones a nivel mundial (8). Las más informadas para el cultivo son la pudrición del cogollo de origen bacteriano (BHR de sus siglas en inglés Bacterial Heart Rot) y las pudriciones basales asociados a oomycetes: la pudrición del cogollo (PHRD de sus siglas en inglés Pineapple Heart Rot Disease) y la pudrición de raíz (PRRD de sus siglas en inglés Pineapple Root Rot Disease). BHR se caracteriza por presentar rayado color marrón con lesiones en forma de ampolla en la lámina foliar, en la base de las hojas se pueden apreciar zonas húmedas cercanas al meristemo apical, lo cual genera desprendimiento de los tejidos e infección del meristemo, que ocasiona el colapso de la planta (9). PHRD afecta directamente el meristemo apical de la planta, por lo tanto, no hay crecimiento de hojas nuevas ni alargamiento de hojas maduras. En la base de las hojas se manifiesta una lesión (halo) marrón con acumulación de exudados, acompañada de olor fétido y clorosis generalizada en la lámina foliar. Cuando la infección daña todo el tejido del cogollo, hay desprendimiento de las hojas que se tornan de color marrón en etapas avanzadas y las plantas infectadas colapsan (10 - 12). En el caso de PRRD, se afecta el sistema radicular de la planta y se reducen su volumen y tamaño; se manifiesta como necrosis blanda y translúcida o ennegrecida en estos tejidos. La sintomatología en la planta se puede confundir con deficiencias nutricionales, déficits hídricos o por daños ocasionados por nematodos o cochinillas harinosas, ya que las hojas se tornan enrojecidas, con clorosis y necrosis en los márgenes; además, hay pérdida de anclaje de la planta que ocasiona su volcamiento (10, 12, 13). PHRD se informó con mayor importancia en las áreas productoras de piña, debido a que causa pérdidas significativas en el rendimiento del cultivo (14 - 16) y ha llegado casi al 100 % de severidad en el cultivar MD2 (17). En cuanto a la identificación del agente causal de esta enfermedad, se realizaron estudios en diferentes cultivares de piña, en los cuales se encontró comúnmente asociada al género *Phytophthora* sp. (18). La identificación a nivel de especie del agente causal *Phytophthora cinnamomi* Rands, se informó en Australia (19) y en la India (12) en asociación con el cultivo. Sin embargo, *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan. es la que presenta una mayor distribución y fue notificada en China por Shen *et al.* (20), en India por Shreenivasa *et al.* (16) y en Uganda por Oewa *et al.* (21). Adicionalmente, en estudios realizados en México y Ecuador se identificó *P. nicotianae* como el agente causal de

la pudrición del cogollo en plantaciones del cultivar MD2 (14, 22). Por el contrario, en Colombia los estudios sobre las pudriciones basales en el cultivo son limitados. De forma preliminar, en el departamento del Valle del Cauca se realizó un estudio de diagnóstico fitosanitario en varias especies de frutales, incluyendo piña, donde se encontraron, como patógenos asociados a enfermedades en el cultivo, a *Fusarium* sp., *Phytophthora* sp. y *Erwinia* sp. (23).

El objetivo de este estudio fue establecer una línea base del estado de las pudriciones basales en cultivos de piña MD2 en dos zonas agroclimáticas del departamento del Valle del Cauca, Colombia, con el fin de contribuir al entendimiento de estas enfermedades en la región y a la posterior identificación de su agente etiológico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de predios para visitas exploratorias

El estudio se realizó en dos zonas agroclimáticas del departamento del Valle del Cauca: zona de ladera correspondiente a los municipios Dagua, La Cumbre, Restrepo y Vijes, caracterizada por sistemas de producción de pequeños productores y zona plana correspondiente a los municipios Buga y Palmira, identificada por plantaciones de mayor extensión e implementación de manejo agronómico tecnificado. Dentro de estas zonas, para la selección de predios en los municipios con mayor área de producción de piña (6), se realizaron consultas a fuentes secundarias como las entidades gubernamentales: Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATAS), Asociación Hortifrutícola de Colombia (ASOHOFRUCOL), Corporación para el desarrollo del Valle del Cauca (CORPOVALLE) y asociaciones de pequeños productores de la región. Se seleccionaron y exploraron 46 predios con 77 lotes productores de piña MD2, 71 lotes en la zona de ladera y seis lotes en la zona plana.

Exploración y registro de datos asociados a la enfermedad

Para determinar el estado de las pudriciones basales en las zonas en estudio se realizaron visitas exploratorias en los predios seleccionados, durante los meses de febrero a agosto de 2019. En cada lote explorado se registró la etapa fenológica del cultivo, el ciclo productivo y la presencia/ausencia de pudriciones basales.

También se realizó una observación detallada de las plantas infectadas y se documentaron con imágenes los síntomas asociados a la enfermedad (cámara Canon PowerShot SX130 IS), teniendo como referencia los síntomas informados en la literatura en el cultivo de piña para el cultivar MD2 (14, 22).

Análisis de la presencia y prevalencia de la enfermedad

Para cada lote explorado se determinó la presencia o ausencia de la enfermedad. En caso de presencia de síntomas asociados a pudriciones basales, se registró su distribución espacial en el lote, debido a que esta es una característica relevante de la dinámica poblacional para el manejo de enfermedades y plagas. Su clasificación se realizó según lo propuesto por Vargas y Rodríguez (24): 1) Aleatoria o al azar, donde la enfermedad se encuentra dispersa y sin ningún patrón dentro del lote; 2) Agregada, donde se concentra en grupos o focos y, 3) Uniforme, en la cual la enfermedad se dispone de forma frecuente y continua en el lote. Finalmente, se definió por observación el porcentaje de superficie afectada del lote como menor o mayor a 10 %. La prevalencia (P) de la enfermedad en las zonas en estudio se calculó como porcentaje (%) con la fórmula:

$$P = [(\text{Número de lotes con presencia de la enfermedad}) / (\text{Total de lotes visitados})] * 100 \text{ (18)}.$$

De igual forma, se determinó visualmente el porcentaje (%) de superficie afectada en cada lote, donde:

$$\text{Superficie afectada} = [(\text{superficie del lote visualmente afectada por la enfermedad}) / (\text{superficie total del lote})] * 100.$$

Los datos de presencia y prevalencia de la enfermedad, registrados para cada lote, se analizaron sobre la base de dos variables: i) Nivel de superficie afectada por lote y ii) Etapa fenológica del cultivo utilizando tablas de frecuencia absoluta y relativa (frecuencia absoluta sobre el total de casos). Se seleccionó la prueba de independencia de Fisher al considerar el tamaño de la muestra el tipo de variables y la distribución (25), con la cual se probó la hipótesis nula de independencia entre el nivel de superficie afectada y la etapa fenológica del cultivo, con los datos obtenidos para cada lote explorado. El análisis se realizó con la versión libre del programa R-Studio versión 4.1.0 (26).

Análisis de correlación entre variables cualitativas y la presencia de la enfermedad

En los predios donde se observó sintomatología asociada a pudriciones basales, se encuestó al productor para evaluar diferentes aspectos relacionados con la información general del cultivo y el manejo agronómico. De estos aspectos, se realizó una selección por su posible asociación con la presencia de pudriciones basales y se categorizaron como variables agronómicas cualitativas. Se realizó un análisis no paramétrico para analizar la posible correlación entre la presencia de la enfermedad y las variables agronómicas cuali-

tativas seleccionadas (27). La prueba de Kruskal Wallis se utilizó para probar la independencia entre las variables cualitativas y el coeficiente de correlación de Spearman para evaluar su significancia estadística. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa R-Studio 4.1.0. (26).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Selección de predios para visitas exploratorias

Los predios seleccionados tuvieron una extensión entre 1-10 hectáreas y, en dependencia de su área, correspondieron a un solo lote o se encontraron subdivididos en diferentes lotes. Los lotes explorados se encontraron aleatoriamente en diferentes etapas fenológicas y ciclos de cultivo. En la región es común que un predio esté compuesto por lotes en diferentes etapas fenológicas, lo que permite tener una cosecha continua de frutos en campo a lo largo del año, generando ingresos continuos para los agricultores. La localización geográfica de cada uno de los lotes explorados en las zonas en estudio se indica en el mapa (Fig. 1).

Exploración y registro de datos asociados a la enfermedad

Distribución de la enfermedad en los lotes explorados

Durante la fase exploratoria, se encontraron síntomas asociados a la enfermedad en 19 lotes. Estos lotes presentaron una clara distribución de la enfermedad: Aleatoria (8 lotes), Agregada (8 lotes) y Uniforme (tres lotes) (Fig. 2). A partir de las observaciones en campo y la información colectada, se determinó el nivel de superficie afectada por la enfermedad (nivel de afectación) en cada lote de la siguiente manera:

1. Bajo: % superficie afectada menor de 10 % con distribución aleatoria
2. Medio: % superficie afectada mayor de 10 % con distribución agregada
3. Alto: % superficie afectada mayor de 10 % con distribución uniforme.

La información de los lotes seleccionados por presencia de la enfermedad se describe en la [Tabla 1](#).

Registro de síntomas de la enfermedad

Los síntomas observados durante los recorridos exploratorios, en los lotes con presencia de pudriciones basales, se asociaron con los informados para PHRD que se caracterizaron, en términos generales, por presentar lesiones húmedas e infección basal de la planta (hojas y cogollo). El proceso de observación y la documentación de imágenes realizada durante el estudio

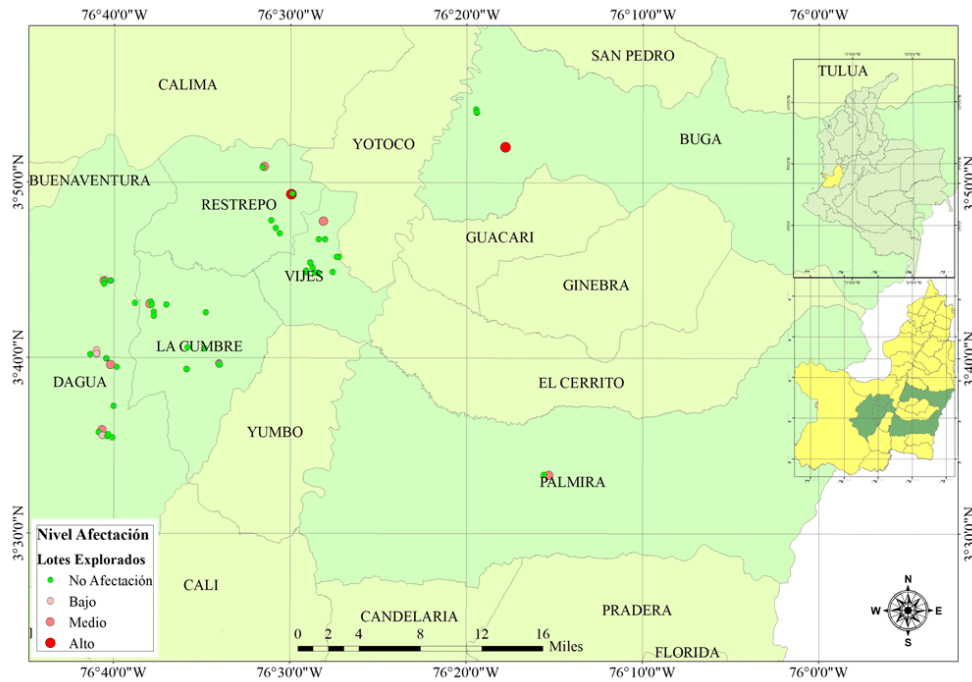


Figura 1. Distribución geográfica de los lotes explorados (puntos verdes y rojos) en las zonas en estudio. Los puntos verdes corresponden a los lotes sin presencia de la enfermedad y los puntos rojos corresponden a los lotes con presencia de la enfermedad. El nivel de afectación de los lotes con presencia de la enfermedad se indica por la intensidad del color en el punto/ *Geographical distribution of the plots where the exploratory surveys were conducted (green and red dots). Green dots show the plots without presence of the disease and red dots the plots with presence of the disease. The level of disease occurrence per plot is indicated by the color intensity of the dot.*



Figura 2. Distribución de la pudrición basal en lotes del cultivo de piña. A. Distribución aleatoria. B. Distribución agregada. C. Distribución uniforme / *Distribution of heart and root rots in pineapple cultivated plots. A. Random pattern of distribution. B. Aggregated pattern of distribution. C. Uniform pattern of distribution.* Fotos tomadas por Carol Liliana Puentes

permitió la descripción del avance de la sintomatología, a partir del cual se sugieren tres niveles de infección en el cultivar MD2 categorizados como: inicial, intermedio y avanzado. Los síntomas iniciales observados fueron hojas cloróticas, lesiones en la base y en el cogollo, que pueden iniciar con presencia de tejido blando y mal olor, sin un halo de infección definido (Fig. 3A y 3B). En las plantas con síntomas intermedios, se observaron hojas cloróticas a rojizas, con un halo de infección definido y olor fétido en la base, que pudieron presentar inclinación o volcamiento (Fig. 3C y 3D). Finalmente, en las plantas con sintomatología avanzada se observaron hojas color marrón, marchitez generalizada, lesión basal de hojas color marrón oscuro, olor fétido y colapso de la planta (Fig. 3E y 3F).

Análisis de la presencia y prevalencia de la enfermedad

Los 77 lotes explorados se encontraron en diferentes etapas fenológicas, categorizados para el análisis como: siembra, desarrollo vegetativo, floración, fructificación, cosecha, producción de semilla y fin de ciclo. La última categoría estuvo compuesta por los lotes que después de cosecha no iniciaron un nuevo ciclo productivo y se mantuvieron sin manejo agronómico o en estado de abandono. En la Tabla 1 se describe el número de lotes encontrados con presencia de pudrición basal por nivel de afectación del lote y etapa fenológica.

Tabla 1. Descripción de lotes explorados con presencia de pudriciones basales en el cultivo de piña / *Description of the explored plots with presence of heart and root rots in pineapple orchards.*

Municipio	Localidad	Superficie afectada (%)	Nivel de superficie afectada	Distribución de la enfermedad	Etapas fenológicas del cultivo
La Cumbre	Las Granjas	>10	Media	Agregada	Cosecha
Dagua	Villa Hermosa	<10	Baja	Aleatoria	Desarrollo vegetativo
Dagua	San Joaquín	<10	Baja	Aleatoria	Desarrollo vegetativo
Dagua	San Joaquín	<10	Baja	Aleatoria	Desarrollo vegetativo
Dagua	San Joaquín	<10	Baja	Aleatoria	Fructificación
Dagua	San Joaquín	<10	Baja	Aleatoria	Fin de ciclo
Restrepo	El Diamante	>10	Alto	Uniforme	Cosecha
Restrepo	Aquamona	>10	Media	Agregada	Desarrollo vegetativo
La Cumbre	Colonias	<10	Baja	Aleatoria	Cosecha
Vijes	Cachimbal	>10	Media	Agregada	Desarrollo vegetativo
Vijes	Cachimbal	>10	Media	Agregada	Desarrollo vegetativo
Buga	Quebrada Seca	>10	Alto	Uniforme	Fructificación
Palmira	La Pampa	>10	Media	Agregada	Desarrollo vegetativo
Dagua	Jiguales	>10	Media	Agregada	Cosecha
Dagua	Villa Hermosa Baja	<10	Baja	Aleatoria	Desarrollo vegetativo
Dagua	Villa Hermosa Baja	<10	Baja	Aleatoria	Siembra
Dagua	Atuncela	>10	Media	Agregada	Cosecha
Dagua	San Joaquín	>10	Media	Agregada	Fructificación
La Cumbre	Pavas	>10	Alto	Uniforme	Producción de semilla



Figura 3. Plantas en campo con sintomatología presuntiva a PHRD. A y B: Hojas con sintomatología inicial. C y D: Hojas con sintomatología intermedia. E y F: Hojas con sintomatología avanzada / *Plants in the field with presumptive symptoms of PHRD. A and B: Leaves with early symptoms. C and D: Leaves with intermediate symptoms. E and F: Leaves with advanced symptoms.* Fotos tomadas por Carol Liliana Puentes.

De los 77 lotes explorados, se detectaron 19 lotes con presencia de pudrición basal, correspondientes a 14 fincas ubicadas en los seis municipios en estudio. Se observó un mayor número de lotes con presencia de la enfermedad en etapa de desarrollo vegetativo (8), con un nivel de afectación medio (4) y bajo (4), seguidos de lotes en etapa de cosecha (5) y fructificación (3) en los tres niveles de afectación. Sin embargo, en las etapas de fructificación, cosecha y producción de semilla se observó un lote con nivel de afectación alto para la enfermedad.

La prevalencia de la enfermedad en las zonas en estudio fue de 24,7 %. La mayor prevalencia se encontró en lotes en etapa vegetativa (10 %), con un nivel de afectación medio y bajo; mientras que, en lotes en etapa de fructificación, cosecha y producción de semilla, se determinaron niveles de afectación altos.

En cuanto a las zonas exploradas, la zona de ladera fue la más afectada, con 22,1 % de prevalencia (17 lotes). La zona plana tuvo una afectación de 2,6 % (dos lotes). En la zona de ladera, el municipio Dagua presentó la mayor prevalencia de la enfermedad con 13 % (10 lotes); en contraste, ambos municipios de la zona plana presentaron una prevalencia de la enfermedad de 1,3 %, lo cual puede estar asociado con las diferencias en el manejo sanitario del cultivo entre las zonas; el más intensivo fue en la zona plana. El nivel de afectación de lotes dependió significativamente de la etapa fenológica del cultivo con un (P-valor=0,0085). La distribución de los datos de prevalencia (%), según el nivel de afectación por lote y la etapa fenológica del cultivo, se describe en la [Figura 4](#).

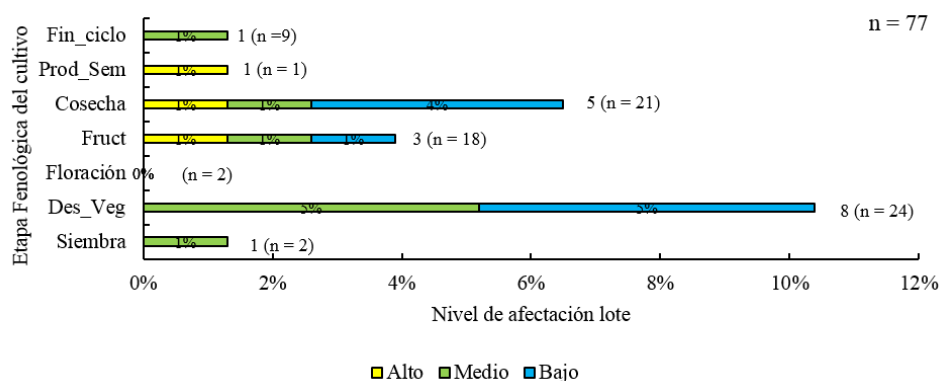


Figura 4. Distribución de la prevalencia (%) de las pudriciones basales según el nivel de afectación del lote (bajo, medio y alto) en cada etapa fenológica del cultivo /Distribution of the prevalence of pineapple heart and root rots by level of disease occurrence (low, medium and high) in each phenological stage.

Análisis de correlación entre variables cualitativas y la presencia de la enfermedad

Las encuestas realizadas a los productores ubicados en los predios donde se observó sintomatología asociada a pudriciones basales, dieron como resultado 32 posibles variables agronómicas (Tabla 2). El análisis estadístico mostró que las 32 variables agronómicas cualitativas seleccionadas presentaron dependencia con la presencia de las pudriciones basales $X^2_{(31,0,05)} = 204,44$, con un nivel de confianza de 95 %.

Posteriormente, se identificaron ocho variables que presentaron significancia menor o igual a 0,05 ($\alpha \leq 0,05$). De este grupo, a su vez se seleccionaron las tres variables agronómicas cualitativas que presentaron correlación significativa con la presencia de pudriciones basales con un P -valor $< 0,05$ (Tabla 3).

Se evidenció una relación positiva significativa en la etapa de fructificación (Et_4) y en la distribución agregada de la enfermedad en los lotes explorados (Dd_A). La primera variable se puede explicar porque, en esta etapa fenológica, se disminuye el control de enfermedades con productos químicos, lo cual puede favorecer el aumento del inóculo. La segunda variable se puede explicar porque la distribución agregada de la enfermedad se encontró asociada a las características del terreno (presencia de depresiones e irregularidades), las cuales favorecen la alta saturación. Esta es una característica propia de los suelos de la región (derivados de cenizas volcánicas), que favorecen la retención de humedad por su alto contenido en materia orgánica y arcillas y, por lo tanto, facilita la dispersión del patógeno. Además, se observó una relación negativa significativa respecto al número de ciclos (Nc_C): a mayor número de ciclos, menor presencia de pudrición. Esto pudiera deberse a que en las zonas en estudio se acostumbra a incrementar la frecuencia de aplicación de fungicidas cuando se realiza más de un ciclo productivo consecutivo, con el fin de garantizar la sanidad del cultivo.

Los resultados de este estudio, basados en observaciones en campo, permitieron determinar que la sintomatología en las plantas afectadas estuvo caracterizada por hojas poco desarrolladas, cloróticas y con lesiones húmedas que presentaron halos color marrón acompañadas de olor fétido, desprendimiento foliar y colapso de la planta. Esta sintomatología es congruente con lo notificado por Espinosa-Rodríguez *et al.* (22) en México, Ratti *et al.* (14) en Ecuador y Hailu *et al.* (18) y Ocwa *et al.* (21) en África, para la descripción de PHRD.

La enfermedad presentó una alta distribución en las zonas productoras de piña en estudio, con una prevalencia de 24,7 %, que se caracterizó por niveles medios y bajos de afectación en la etapa vegetativa del cultivo y niveles altos en las etapas de fructificación, cosecha y producción de semilla. Estos resultados pueden estar asociados al manejo sanitario del cultivo, ya que al inicio del ciclo productivo, en la etapa vegetativa, el control de enfermedades con productos químicos es intenso (aplicaciones tipo calendario), las cuales disminuyen en la etapa de floración y fructificación y desaparecen en la etapa de cosecha.

Entre las dos zonas agroclimáticas en estudio, la mayor prevalencia de la enfermedad se observó en la zona de ladera, lo cual pudo estar asociado a las características del terreno, las prácticas culturales y de manejo sanitario. Esta región se caracteriza por ser montañosa y los productores, en su mayoría, establecen el cultivo a favor de la pendiente para evitar inundaciones. No obstante, al no tener en cuenta las curvas de nivel, la topografía ondulada del terreno y el establecimiento ineficiente de sistemas de drenaje, esta práctica generalizada no logra evitarlas. A su vez, contribuye con el deterioro de los suelos y genera un impacto ambiental negativo que afecta la sostenibilidad del sistema productivo. Esta problemática fue claramente observada en los lotes que presentaron distribución agregada de la enfermedad, en los cuales los focos de infección estuvieron asociados con áreas de depresión en el terreno que favorecen la alta saturación del suelo

Tabla 2. Variables agronómicas cualitativas obtenidas a partir de las encuestas a productores. / *Qualitative agronomic variables obtained from the surveys to producers.*

No	Variable	Código
1	Presencia de pudriciones	P_Pdr
2	Etapa del cultivo (Siembra)	Et_1
3	Etapa del cultivo (Desarrollo vegetativo)	Et_2
4	Etapa del cultivo (Floración)	Et_3
5	Etapa del cultivo (Fructificación)	Et_4
6	Etapa del cultivo (Cosecha)	Et_5
7	Etapa del cultivo (Producción de semilla)	Et_6
8	Distribución de la enfermedad (Agregada)	Ds_A
9	Distribución de la enfermedad (Uniforme)	Ds_U
10	Distribución de la enfermedad (Aleatoria)	Ds_Al
11	Topografía (Llano)	Tp_Ll
12	Topografía (ondulado)	Tp_Ond
13	Topografía (pendiente)	Tp_Pend
14	Topografía (colinado)	Tp_Col
15	Siembra escalonada	SmL
16	Numero de ciclos del cultivo	Nc_C
17	Rotación de cultivos	Rr_C
18	Aplicación de Cal	As_Cal
19	Aplicación de enmiendas	As_Enm
20	Edad del cultivo	Edad_C
21	Semilla externa	S_Ext
22	Semilla propia	S_Pr
23	Tipo de semilla raíz	Col_R
24	Tipo de semilla axilar	Col_A
25	Desinfección de semilla	Dc_As
26	Drenajes	Dr_Cul
27	Inundaciones	Pr_Inun
28	Control por monitoreo	Ctr_Enf_1
29	Control preventivo	Ctr_Enf_2
30	Control etapa fenológica	Ctr_Enf_3
31	Control programado calendario	Ctr_Enf_4
32	Desinfección de herramienta	Des_Herr

Tabla 3. Lista de las variables cualitativas con correlación significativa con la presencia de pudrición basal. / *List of qualitative variables with significant correlation with the presence of Pineapple Rot Diseases.*

Variable	Código	P-Valor	Relación
Etapa del Cultivo (Fructificación)	Et_4	0,01055995*	+
Etapa del Cultivo (Producción de Semilla)	Et_6	0,05517849	+
Distribución de la enfermedad (Agregada)	Ds_A	0,03729259*	+
Distribución de la enfermedad (Aleatoria)	Ds_Al	0,05517849	N/A
Topografía (pendiente)	Tp_pend	0,05517849	-
Numero de ciclos del cultivo	Nc_C	0,04699045*	-
Edad del Cultivo	Edad_C	0,05780530	-
Control etapa fenológica	Ctr_Enf_3	0,05517849	-

(suelos mal drenados), generando inundaciones que benefician la diseminación del patógeno. Lo anterior concuerda con lo observado previamente por Espinosa-Rodríguez *et al.* (22), Ocwa *et al.* (11), Hailu *et al.* (18) y Oculi *et al.* (15). La enfermedad tuvo mayor prevalencia en la temporada de lluvia, durante las visitas exploratorias realizadas entre el mes de febrero y

abril de 2019, como fue declarado en otros estudios (13, 22).

Estos resultados evidenciaron la necesidad de realizar estudios complementarios para confirmar la presencia de PHRD a nivel regional y la implementación de estrategias de manejo. En las zonas productoras a nivel mundial se describe, en términos generales, una

alta distribución de PHRD con incidencias de 25-45 % (16, 20), lo cual puede implicar una pérdida de producción hasta de 100 % (17, 28). Por otra parte, aunque se ha constatado susceptibilidad en la mayoría de las variedades cultivadas, en el continente americano los datos se encuentran asociados al cultivo comercial y la susceptibilidad del cultivar MD2, como se observó en estudios realizados en Ecuador y México (14, 22), que concuerdan con lo informado posteriormente en Uganda (15, 17).

En las dos zonas, el manejo sanitario de las pudriciones basales se realizó principalmente con la aplicación de productos de síntesis química, ya que se considera que disminuye el nivel de inóculo de los patógenos asociados a la enfermedad, sin tener en cuenta el riesgo de generar resistencia en los patógenos. Los productores realizaron aplicaciones de plaguicidas con ingredientes activos como son Metalaxil-M, Mancozeb, Fosetil Al y Oxiclóruo de Cobre. Sin embargo, la diferencia radicó en la frecuencia de aplicación: en la zona plana fue más frecuente y se realizó cada quince días, ya que las inundaciones en esta zona son favorecidas por las condiciones topográficas del terreno.

Es necesario complementar el estudio de la pudrición basal prevalente en las zonas exploradas y determinar el agente etiológico, así como su comportamiento epidemiológico. El entendimiento de la dinámica de la enfermedad permitirá definir y desarrollar estrategias de manejo integrado que incluyan, además del control químico y biológico, prácticas culturales que puedan ser transferidas a los agricultores para promover la sanidad y sostenibilidad del sistema productivo en esta región productora de piña MD2, con alta proyección para la exportación en Colombia.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR) por la financiación de este trabajo de investigación, enmarcado en el macroyecto “Opciones tecnológicas para el desarrollo y manejo sostenible del cultivo de la piña *Ananas comosus* (L.) Merr. (Bromeliaceae), en las principales zonas productoras de Colombia” desarrollado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria- AGROSAVIA, y al Dr. Takumasa Kondo (AGROSAVIA) por la revisión del manuscrito y sus valiosos comentarios.

REFERENCIAS

1. Gouda EJ, Butcher D. A list of accepted Bromeliaceae names [Internet]. Bromeliad.nl: University Botanic Gardens, Utrecht. 2021 [Consultado 20 Sep 2021]. Disponible en: <http://www.bromeliad.nl/bromNames/>

2. Neri JC, Meléndez Mori JB, Vilca Valqui NC, Huaman Huaman E, Collazos Silva R, Oliva M. Effect of planting density on the agronomic performance and fruit quality of three pineapple cultivars (*Ananas comosus* L. Merr.). Int J. Agron [Internet]. 2021 [Consultado 20 Sep 2021]; Disponible en: <https://www.downloads.hindawi.com/journals/ija/2021/5559564.pdf>
3. García M, Serrano H. La piña, *Ananas comosus* (L.) Merr. (Bromeliaceae), algo más que un fruto dulce y jugoso. Contactos. 2005; 56:55-61.
4. FAO. Análisis del mercado de las principales frutas tropicales de 2019. [Internet]. Roma: Fao.org; 2020 [Consultado 20 Sep 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/cb0834es/CB0834ES.pdf>
5. ASOHOFrucOL. Balance del sector horticófrutícola. [Internet]. Asohofrucol; 2020 [Consultado 20 Sep 2021]. Disponible en: <https://www.agriculturayganaderia.com/website/wp-content/uploads/2020/12/BALANCE-DEL-SECTOR-HORTIFRUT%C3%8DCOLA-2020-PROYEC-CIONES-2021.docx>
6. AGRONET. Evaluaciones Agropecuarias Municipales 2020. Estadísticas home [Internet]. Gov.co. [Consultado 20 Sep 2021]. Disponible en: <https://www.agronet.gov.co/estadistica/paginas/home.aspx?cod=59>
7. Gonzales X. La producción de piña en Colombia llegaría a 1,18 millones de toneladas al finalizar el año. Agronegocios [Internet]. 2019. [Consultado 20 Sep 2021]. Disponible en: <https://www.agronegocios.co/agricultura/la-produccion-de-pina-en-colombia-llegaria-a-118-millones-de-toneladas-al-finalizar-el-ano-2895397>
8. Rodríguez M. Guía de identificación y manejo integrado de plagas y enfermedades en piña. Ira Ed. Costa Rica: Banacol. 2011.
9. Kaneshiro WS, Burger M, Vine BG, de Silva AS, Alvarez AM. Characterization of *Erwinia chrysanthemi* from a bacterial heart rot of pineapple outbreak in Hawaii. Plant Dis [Internet]. 2008;92(10):1444-1450. Disponible en: <http://www.dx.doi.org/10.1094/PDIS-92-10-1444>
10. Sipes B, de Matos AP. 12 Pests, Diseases and Weeds. En: Sanewski, G. M., Bartholomew, D. P., & Paull, R. E. (Eds.). The Pineapple: Botany, Production and Uses. Segunda edición. Boston, MA: CABI. 2018; 269-294.
11. Ocwa A, Bua B, Tusiime G, Oculi J. Pathogenicity of pineapple heart rot disease causal organisms in Central Uganda. Regional Universities Forum for Capacity Building in Agriculture. 2016; 14(2):475-481. Disponible en: <http://repository.ru-forum.org>

12. Joy PP, Sindhu G. Diseases of pineapple (*Ananas comosus*): Pathogen, symptoms, infection, spread & management. 2012. [Internet]. CAB International [Consultado 20 Sep 2021]. Disponible en: http://www.kau.in/sites/default/files/documents/diseases_of_pineapple.pdf
13. Green J, Nelson S. Heart and root rots of pineapple. Plant disease. 2015; 106:1-7.
14. Ratti MF, Ascunce MS, Landivar JJ, Goss EM. Pineapple heart rot isolates from Ecuador reveal a new genotype of *Phytophthora nicotianae*. Plant Pathol. 2018; 67(8):1803-1813.
15. Oculi J, Bua B, Ocwa A. Quantification of yield loss to pineapple heart rot disease on pineapple cultivars in Uganda. J Anim Plant Sci. 2019; 41(1):6784-6792.
16. Shreenivasa K, Rekha D, Hanumantha BC. Management of *Phytophthora parasitica* causing heart rot of pineapple. En: 3rd International symposium on *Phytophthora*: Taxonomy, Genomics, Pathogenicity, Resistance and Disease Management. Bengaluru, India. ICAR-IIHR. 2015.
17. Oculi J, Bua B, Ocwa A. Reactions of pineapple cultivars to pineapple heart rot disease in central Uganda. Crop Prot. 2020; 135(105213):1-6.
18. Hailu A, Daba T, Bekele M. Surveillance of *Phytophthora* spp. Disease on Pineapple at Specific District of Ethiopia. J Plant Sci Crop Protec. 2018; 1(2):205-211.
19. Pegg KG, Anderson JM. Pineapple. En: Cooke AW, Persley D, House S (Eds). Diseases of fruit crops in Australia. Collingwood, Australia: CSIRO Publishing. 2009;207-220.
20. Shen HF, Lin BR, Zhan JX, Pu XM. First report of pineapple heart rot caused by *Phytophthora nicotianae* in Hainan Province, China. Plant Dis. 2013; 97(4):560.
21. Ocwa A, Bua B, Oculi J, Tusiime G. Morphological identification of *Phytophthora A* causal organism of pineapple heart rot disease in Uganda. Int J Phytopathol. 2018; 7(1):07-18.
22. Espinosa-Rodríguez CJ, Nieto-Angel D, León-García de Alba CD, Villegas-Monter Á, Aguilar-Pérez LA, Ayala-Escobar V. Etiología de la pudrición del cogollo de la piña (*Ananas comosus*. L. Merrill) cultivar MD2 en Isla, Veracruz, México. Rev. Mex. Fito. 2015; 33(1):104-115.
23. Estrada EI, Gómez ED, Huertas CA, Mesa NC, Mena Y, Imbachi K, et al. Diagnóstico fitosanitario en trece reglones productivos frutícolas del departamento del Valle del Cauca. 1ra Ed. Cali, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. 2014; pp.48.
24. Vargas R, Rodríguez S. Dinámica de poblaciones. En: Ripa R, Larral P. Manejo de plagas en paltos y cítricos [Internet]. 1ra Ed. Chile: Colección Libros INIA. 2008; 23(200):99-105. [Consultado 20 Sep 2021]. Disponible en: http://www.avocado-source.com/books/Ripa2008/Ripa_Chapter_07.pdf.
25. Webster AL. Prueba chi-cuadrado y otras muestras no paramétricas. En: Webster AL. Estadística aplicada a los negocios y la economía. Santa Fe de Bogotá: McGraw-Hill. 2000;462-517.
26. RStudio Team. RStudio: Integrated Development for R [Internet]. Boston, Massachusetts: PBC; 2021 [Consultado 20 Sep 2021]. Disponible en: <http://www.rstudio.com/>.
27. Wackerly D, Mendenhall W, Schaffer R. Estadística no paramétrica. En: Wackerly D, Mendenhall W, Schaffer R. Estadística matemática con aplicaciones. Séptima edición. Ciudad de México DF; Cengage Learning. 2010;741-790.
28. Rohrbach KG, Schenke S. Control of pineapple heart rot disease caused by *Phytophthora parasitica* and *P. cinammomi* with metalaxyl, fosetyl and phosphoric acid. Plant Dis. 1985; 69(4):320-323.

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribución de los autores: **Carol Liliana Puentes Díaz:** ejecución de la idea de investigación, obtención de datos en las visitas exploratorias, realización de ensayos y obtención de datos en laboratorio, aporte en la interpretación de datos, redacción y revisión de la versión final del manuscrito. **Rubilma Tarazona-Velasquez:** realización del análisis estadístico, interpretación de resultados, redacción y revisión de la versión final del manuscrito. **Isabel Moreno:** concepción, realización y desarrollo de la idea de investigación, análisis e interpretación de datos, redacción, revisión y edición de la versión final del manuscrito.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)