

**SEGUIMIENTO A PALMAS (*Elaeis guineensis* Jacq.) CON SINTOMAS DE
MARCHITEZ, SUBZONA BAJO UPÍA ORIENTE COLOMBIANO¹.**

MARIO ANDRÉS LASSO LASSO

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO**

2019

**SEGUIMIENTO A PALMAS (*Elaeis guineensis* Jacq.) CON SINTOMAS DE
MARCHITEZ, SUBZONA BAJO UPÍA ORIENTE COLOMBIANO¹.**

MARIO ANDRÉS LASSO LASSO

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero agrónomo**

Asesor:

Gustavo Adolfo Rosero Estupiñán I.A

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO**

2019

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en este Trabajo de Grado son Responsabilidad de los autores.

Artículo 1 del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado por el Honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de Aceptación:

Firma del Presidente de tesis

Firma del Jurado

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, noviembre de 2019

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia a Dios por darme la vida y las bendiciones necesarias para lograr esta meta.

Mi familia por el apoyo, colaboración y motivación en todas las etapas de mi vida.

Universidad de Nariño y sus formadores por brindarme su conocimiento para lograr esta meta profesional.

Guaicaramo S.A.S y el área de investigación (IDPI) por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto de grado, especialmente al Ingeniero Agrónomo Libardo Santacruz, Gerente del área de investigación, Gustavo Rosero, Ingeniero Agrónomo, Jefe del área de investigación, Omaira Leguizamón, Agrónoma, Analista de investigación, Carlos Vaca y Ricardo Villa, auxiliares de investigación, por sus conocimientos y apoyo a la realización de este proyecto.

Mauricio Arango, Ingeniero Agrónomo, Investigador Cenipalma, por sus conocimientos y colaboración en el análisis de la información.

Palmas del Casanare S.A.S, Palmar de Oriente S.A.S e Inversiones los Maracos S.A.S, especialmente a los ingenieros agrónomos, Ginna Garzón, Martha Lya Hernández y Freddy Suesca, por darme a oportunidad de realizar el proyecto en sus plantaciones.

Personal de trabajo de las plantaciones, por su apoyo en las labores de campo.

Seguimiento a palmas (*Elaeis guineensis* Jacq.) con síntomas de marchitez, subzona bajo upía oriente colombiano¹.

Follow to palms (*Elaeis guineensis* Jacq.) with wilt symptoms, subzone bajo upia east colombian¹.

Mario Andrés Lasso Lasso²

Gustavo Adolfo Rosero Estupiñán³; Germán Arteaga Meneses⁴.

¹Trabajo de grado como requisito para optar al Título de Ingeniero Agrónomo.

²Estudiante del programa de Ingeniería Agronómica, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia, anl-141@hotmail.com

³Jefe de investigación, Plantación Guaicaramo S.A.S Barranca de Upía, Meta, Colombia, g.rosero@guaicaramo.com

⁴Docente titular, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia, gespino@udenar.edu.co

RESUMEN

En la actualidad, la zona Oriental de Colombia se ha visto afectada por una variedad de disturbios en las siembras nuevas y de renovación de palma de aceite, los cuales son asociados en la mayoría de los casos a la enfermedad marchitez letal (ML), sin embargo, con las distintas confusiones que se presentan en la identificación de enfermedades, cualquier disturbio puede estar siendo asociado erróneamente a una sola enfermedad. Por lo tanto, se realizó un seguimiento a palmas (*Elaeis guineensis*) con síntomas de marchitez, donde se evaluaron: variables cualitativas correspondientes a síntomas, coloración y consistencia; variables cuantitativas de termometría infrarroja, densidad aparente y porcentaje de humedad (estípite); tasas de desarrollo de la enfermedad; patrones geoespaciales de los casos de marchitez, y evaluación de raíces para observar protozoarios flagelados mediante un microscopio. El análisis de correspondencia múltiple (ACM) para las 75 variables cualitativas, indicó que el 79,79% de la variabilidad total está explicada por 19 factores. El análisis de clasificación jerárquica para caracteres cualitativos determinó varios grupos, los cuales se diferenciaron principalmente por los síntomas observados en las palmas. La temperatura infrarroja y la diferencia con el ambiente mostró diferencias altamente significativas entre palmas enfermas y aparentemente sanas. Las variables densidad aparente y porcentaje de humedad no mostraron diferencias estadísticas. La prueba en raíces resultó

negativa para la presencia de protozoarios en las palmas evaluadas. La información generada por los polígonos de Thiessen mostró una buena aproximación para el análisis de patrones geoespaciales y pueden usarse en el manejo de enfermedades.

Palabras claves: marchitez, termometría infrarroja, análisis de correspondencia múltiple, análisis de clasificación jerárquica, protozoarios flagelados, polígonos Thiessen, patrones geoespaciales.

ABSTRACT

Currently, the eastern part of Colombia has been affected by a variety of disturbances in new plantings and renewal in oil palm, which in most cases have been associated with lethal lethal disease (ML), without However, with the different confusions that arise in the identification of diseases, any alteration can be mistakenly associated with a single disease. Therefore, there was a follow-up to the palms (*Elaeis guineensis*) with symptoms of wilt, where the following were evaluated: qualitative variables corresponding to the symptoms, coloration and consistency; quantitative variables of infrared thermometry, bulk density and moisture percentage (stipe); rates of disease development; geospatial patterns of wilt cases and root evaluation to observe flagellated protozoa through a microscope. The multiple correspondence analysis (MCA) for the 75 qualitative variables, indicated that 79.79% of the total variability is explained by 19 factors. The analysis of the hierarchical classification for qualitative characteristics determined several groups, which were mainly differentiated by the symptoms observed in the palms. The infrared temperature and the delta or difference with the environment showed highly significant differences between the diseased and apparently healthy palms. The variables of apparent density and percentage of humidity did not show statistical differences. The root test was negative for the presence of protozoa in the palms evaluated. The information generated by the Thiessen polygons showed a good approximation for the analysis of geospatial patterns and can be used in the management of diseases.

Keywords: wilt, infrared thermometry, multiple correspondence analysis, hierarchical classification analysis, flagellated protozoa, Thiessen polygons, geospatial patterns.

Tabla de contenido

1.	INTRODUCCIÓN	11
2.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
2.1	Localización.....	12
2.2	VARIABLES EVALUADAS.	13
2.3	VARIABLES CUALITATIVAS.....	13
2.3.1	Sintomatología	13
2.3.2	Coloración	14
2.3.3	Consistencia.	15
2.4	VARIABLES CUANTITATIVAS	15
2.4.1	Densidad aparente y porcentaje de humedad.....	15
2.4.2	Termometría infrarroja	15
2.5	Tasas de desarrollo y distribución de los casos de marchitez.....	16
2.6	Muestreo de raíces.	16
2.7	Análisis estadístico.....	16
2.7.1	Variables cualitativas.	16
2.7.2	Variables cuantitativas	16
2.8	Tasa de desarrollo e incidencias.	16
2.9	Distribución espacio temporal.	17
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.	CONCLUSIONES	38
5.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

Índice de tablas

Tabla 1. Descriptores cualitativos utilizados en el seguimiento de síntomas de marchitez.	14
Tabla 2. Consistencia de foliolos.....	15
Tabla 3. Características y periodos de evaluación de las plantaciones.....	17
Tabla 4. Colores encontrados en foliolos afectados.	18
Tabla 5. Combinación de colores en foliolos de palmas con síntomas de marchitez.....	18
Tabla 6. Variables y numero de categorías utilizadas en el análisis estadístico.	19
Tabla 7. Valores propios y proporción de la varianza explicada en el análisis de correspondencia múltiple con base en 52 variables cualitativas.	20
Tabla 8. Contribución de los factores a la variabilidad total.....	21
Tabla 9. Variables y categorías agrupadas en el Clúster 1.....	22
Tabla 10. Reportes de varios autores en la caracterización de enfermedades.	23
Tabla 11. Variables y categorías agrupadas en el Clúster cinco.	25
Tabla 12. Reportes de varios autores en la caracterización de enfermedades.	26
Tabla 13. Variables y categorías agrupadas en el clúster cuatro.....	27
Tabla 14. Reportes de varios autores en la caracterización de enfermedades.	28
Tabla 15. Variables y categorías agrupadas en el clúster 10.....	28
Tabla 16. Reportes de varios autores en la caracterización de enfermedades.	29
Tabla 17. Variables y categorías agrupadas en el clúster 2.	29
Tabla 18. Variables y categorías agrupadas en el clúster 13.....	30
Tabla 19. Reportes de varios autores en la caracterización de enfermedades.	30
Tabla 20. Variables y categorías agrupadas en el clúster 3.	31
Tabla 21. Reportes de varios autores en la caracterización de enfermedades.	32
Tabla 22. Comparación de medias mediante una prueba de t.....	33
Tabla 23. Análisis de varianza para valores de porcentaje de humedad, densidad aparente, peso húmedo y seco.....	34
Tabla 24. Incidencias y tasas de desarrollo de las tres plantaciones estudiadas.	35
Tabla 25. Rangos de las tasas de desarrollo.	36

Índice de figuras

Figura 1. A: Volcamiento de palma utilizando palín; B: Corte transversal con motosierra; C: Corte longitudinal con motosierra.....	13
Figura 2. Determinación de colores en foliolos afectados.....	14
Figura 3. A-B: Toma de muestra de estípite; C-D: Muestra de estípite a analizar; E: Trozos de estípite para ser llevado al horno.	15
Figura 4; 4a: Termómetro EVEREST 6210; 4b: Metodología de toma de datos de temperatura.	15
Figura 5. A: Medidas calicata; B: Muestra de raíces.	16
Figura 6. (Combinación de colores). A: CcCAV; B: CcCCC; C: CcCcCcCc; D: CcCVV; E: CcCVaVa; F: GCAV; G: GCVaVa; H: GCVV; I: GGGG; J: VVVV.....	18
Figura 7. Dendograma de la clasificación jerárquica de los 86 individuos evaluados.....	22
Figura 8. A: SOH-SAsc-CHN; B: SAp-EF y CcCVaVa; C: SFR; D: IP; E-F: FMD	23
Figura 9. A: SOH-SAsc; B: SAp-SPCA-CcCAV-EF; C: RP; D: FDPB; E: SFR; F: IP; G-H: HRE; I-J: CAE-ZRE.....	26
Figura 10. Disposición de la afección en los foliolos de las palmas agrupadas en el clúster.	27
Figura 11. A: SOH-SAsc; B: HSPA; C: FDPB-FMD; D: CcCAV.	27
Figura 12. A: SOH-SAsc-CHN; B: PF; C: CAE; D: ZRE.	28
Figura 13. A: SOH-SAsc; B: PF; C: CcCVV.	29
Figura 14. A: SOH-SAsc-CHN; B: AF; C: PF.	30
Figura 15. A: SOH-SAsc-CHN; B: HSPA; C: GS; D: LCO; E: CAE-ZRE.	31
Figura 16. Nematodo visto a un aumento de 40X.	32
Figura 17. Distribución espacio temporal de dos bloques de la plantación Guaicaramo.	37

1. INTRODUCCIÓN

La palma de aceite se ha constituido en uno de los cultivos más importantes en Colombia y el mundo. Su alta productividad, unida a su naturaleza perenne, ha llevado a una expansión acelerada de las áreas sembradas en el mundo (Hormaza *et al.*, 2011). Según Fedepalma (2018b), el total de hectáreas tanto en producción como en desarrollo fueron de 537.177, continuando como el cuarto productor en el mundo y el primero en Latinoamérica

De las cuatro regiones palmeras que se han caracterizado en el país, la de mayor crecimiento y desarrollo es la Zona Oriental (Llanos Orientales), donde las proyecciones de expansión son inmejorables. Según datos Fedepalma (2018), la zona Oriental cuenta con un total de 215.763 hectáreas tanto en producción como en desarrollo, que representan un 40% del total del área sembrada en el país, sin embargo, han aparecido fenómenos patológicos que en diversa proporción afectan los cultivos y su rendimiento; comprometiendo la producción total, expresada en toneladas de RFF y la producción de aceite por hectárea (Acevedo *et al.*, 2000).

En la actualidad existen diversas enfermedades que afectan la palma de aceite, muchas de ellas son desconocidas aún en muchos aspectos, como lo son, su agente causal, sintomatología, epidemiología, y el no tener claridad en las características típicas de cada enfermedad, nos lleva a aplicar medidas de control en reiterativas ocasiones innecesarios y en algunos casos perjudiciales, en miras con los recursos ambientales y económicos.

Enfermedades como la marchitez letal (ML), marchitez sorpresiva (MS), pudriciones de estípites (PE) e incluso el estrés hídrico (EH) generalmente presentan sinonimia en sus sintomatologías, por lo que con facilidad puede presentarse una confusión en la identificación. Cenipalma, ha desarrollado un sin número de investigaciones con respecto a las enfermedades que se presentan en la palma de aceite, enfocándose principalmente en ML y MS. En campo, estas dos enfermedades tienden a ser confundidas, debido a que la palma presenta afecciones similares; secamientos foliares que inician de las hojas del tercio inferior, pudriciones de inflorescencias y el fácil desprendimiento de los frutos del racimo. Sin embargo, Arango *et al.* (2011), encontraron que la manera más efectiva de diferenciar las palmas afectadas, por uno u otro disturbio, es observando la presencia de protozoarios flagelados que se encuentran en las raíces de las palmas, para ello deben tomarse muestras

de raíces, y mediante el montaje en un microscopio, observarlos.

Por otro lado, las pudriciones de estípites son anomalías que al igual que las enfermedades ya descritas, presentan similitud en síntomas. Idris (2013), mencionó que por lo general las pudriciones de estípites comprenden amarillamiento de un solo lado o moteado de las hojas bajas, seguido de necrosis. Las hojas recién desplegadas son más cortas de lo normal y cloróticas, además, las puntas pueden presentar necrosis. En la medida que la enfermedad progresa, las palmas pueden tomar una apariencia pálida en general, con retraso en el crecimiento, las hojas flechas permanecen sin abrir y la palma muere.

En la actualidad, la zona oriental de Colombia se ha visto afectada por una variedad de disturbios en las siembras nuevas y de renovación, los cuales son asociados en la mayoría de las plantaciones a marchitez letal (ML), sin embargo, con las distintas confusiones que se presentan en la identificación de la enfermedad, cualquier disturbio puede estar siendo asociado erróneamente a una sola enfermedad. Por este motivo es de suma importancia, realizar un seguimiento a la enfermedad, identificando las partes de la palma que están afectadas y que características presentan, tales como, secamientos foliares, coloración de folíolos, pudriciones, entre otras, con la finalidad de tener un mayor grado de exactitud sobre la enfermedad que se está presentando.

Por lo tanto, este estudio realizó un seguimiento a las palmas con síntomas de marchitez mediante una matriz de síntomas y de coloración, donde se describen aspectos como follaje, folíolos, racimos, inflorescencias, raíces y estípites. Además, describir los patrones tanto espaciales como temporales de los casos de marchitez, realizar estudios sobre termometría infrarroja y otros análisis. Todo lo anterior con el objetivo de tener herramientas para realizar un buen reconocimiento de las enfermedades.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Localización. El estudio se realizó en cuatro plantaciones del bajo Upía, ubicadas en la zona Oriental de Colombia. Guaicaramo S.A.S, localizada en el municipio de Barranca de Upía, departamento del Meta, ubicada a 4° 29' LN y 72° 57' LO. Palmas del Casanare S.A.S ubicada a 4° 34' LN y 72° 49' LO, Palmar de Oriente S.A.S ubicada a 4° 29' LN y 72° 57' LO e Inversiones los Maracos S.A.S ubicada a 4° 32' LN y 72° 45' LO, localizadas en el municipio de Villanueva, departamento del Casanare.

Se programaron visitas semanales a cada plantación, en donde se escogieron los lotes con palmas (*Elaeis guineensis*) con edades de siembra entre tres y seis años. Se escogieron seis lotes entre las cuatro plantaciones correspondientes a 1.011 hectáreas. En cada jornada se evaluó un solo lote, en donde se visitaron todas las palmas y se identificaron las que presentaban anomalías asociadas a marchitez. Se realizó un seguimiento a las palmas identificadas durante tres evaluaciones: al siguiente, sexto y décimo día después de su observación. En la última evaluación (décimo día), se erradicó la palma utilizando palín y motosierra (Figura 1).



Figura 1. **A:** Volcamiento de palma utilizando palín; **B:** Corte transversal con motosierra; **C:** Corte longitudinal con motosierra.

2.2 VARIABLES EVALUADAS. Se evaluaron variables cualitativas correspondientes a: sintomatología, coloración y consistencia en cada una de las palmas afectadas. Se evaluaron variables cuantitativas correspondientes a: densidad aparente y porcentaje de humedad en estípites y termometría infrarroja en el follaje.

2.3 VARIABLES CUALITATIVAS

2.3.1 Sintomatología. En cada día de evaluación, se describieron los síntomas observados en: hojas, folíolos, racimos, frutos e inflorescencias. En el día correspondiente a la erradicación, se describieron además de los síntomas externos, los internos, es decir el estado de raíces y estípites. Los datos se registraron en una matriz de síntomas en formato físico y digital (aplicación CyberTracker) elaborada específicamente para este proyecto (ANEXO 1). Además, se realizó un registro fotográfico de las anomalías que se presentaron en el transcurso de las evaluaciones, con la finalidad de conocer el avance de la enfermedad.

En la matriz de síntomas se describieron 30 síntomas cualitativos, 17 correspondientes a síntomas externos y 13 a síntomas internos. Dentro de los síntomas externos, ocho describen hojas, cinco folíolos y cuatro los racimos e inflorescencias. Dentro de los síntomas internos cuatro de ellos describen las raíces y nueve el estado interno del estípites (Tabla 1).

Tabla 1. Descriptores cualitativos utilizados en el seguimiento de síntomas de marchitez.

No.	Descriptor	Abreviatura
1	Secamiento ordenado de las hojas	SOH
2	Secamiento desordenado de las hojas	SDH
3	Secamiento ascendente	SAsc
4	Secamiento descendente	SDsc
5	Clorosis en hojas nuevas	CHN
6	Acumulación de flechas	AF
7	Pudrición flecha	PF
8	Hojas superiores con las puntas afectadas	HSPA
9	Secamiento a partir del ápice	SAP
10	Secamiento a partir de la base	SBs
11	Secamiento precedido por coloración amarilla	SPCA
12	Entorchamiento de folíolos a partir del ápice	EF
13	Secamiento de folíolos rudimentarios	SFR
14	Racimos podridos	RP
15	Inflorescencias podridas	IP
16	Frutos con fácil desprendimiento y con pudrición a partir de la base	FDPB
17	Frutos momificados y con fácil desprendimiento	FMD
18	Abundancia de sistema radicular	ASR
19	Escases de sistema radicular	ESR
20	Raíces aparentemente sanas	RS
21	Raíces visiblemente en mal estado	RME
22	Coloración normal de estípite	CNE
23	Coloración amarillenta de estípite	CAE
24	Zonas rojizas al interior del estípite	ZRE
25	Zonas con aparentes pudriciones secas	ZPS
26	Zonas con aparentes pudriciones húmedas	ZPH
27	Galerías causadas por <i>Strategus</i>	GS
28	Lesiones sin olor fétido	LSO
29	Lesiones con olor fétido	LCO
30	Halo rojizo en el interior del estípite	HRE

Numeración de síntoma evaluado en; 1-8: Hojas; 9-13: Foliolos; 14-17: Racimos e inflorescencias; 18-21: Raíces; 22-30: Estípite

2.3.2 Coloración. En cada día de evaluación, se determinó la coloración que presentaban los folíolos del tercio inferior, medio y superior. En los folíolos se describieron las tonalidades observadas desde el ápice hasta la base (Figura 2) registrándose en un formato creado para este análisis (ANEXO 2). Para la clasificación de los colores se utilizó una aplicación móvil llamada COLOR GRAB.



Figura 2. Determinación de colores en folíolos afectados.

2.3.3 Consistencia. En cada día de evaluación, se determinó la consistencia de las puntas de los folíolos afectados por medio de una prueba sencilla, que consistió en frotar la parte afectada con los dedos índice y pulgar determinando de esta manera su turgencia o flexibilidad o como caso contrario su característica quebradiza. Al igual que la evaluación de coloración, la consistencia se evaluó por tercios (Tabla 2).

Tabla 2. Consistencia de folíolos.

No.	Consistencia	Abreviatura
1	Turgente	Turg
2	Quebradizo	Qbdz

2.4 Variables Cuantitativas

2.4.1 Densidad aparente y porcentaje de humedad. Posterior a la erradicación, se tomó una sección del costado del estípite a una altura de 30cm de la parte basal del estípite con un cilindro de 5,5cm de alto y 5,5cm de diámetro. Se calculó mediante fórmula matemática la densidad aparente y el porcentaje de humedad (Figura 3). El periodo de secado en horno fue de 24 horas a una temperatura de 48°C.



Figura 3. A-B: Toma de muestra de estípite; C-D: Muestra de estípite a analizar; E: Trozos de estípite para ser llevado al horno.

2.4.2 Termometría infrarroja. En cada evaluación se registraron las temperaturas infrarrojas de las palmas afectadas y del anillo de palmas a su alrededor utilizando un termómetro infrarrojo EVEREST 6210L® (Figura 4a). Para esta medición, se tuvo como referencia la metodología utilizada por Cenipalma (2017), (Figura 4b), la cual consiste en situarse a un metro de la gotera de la palma, sin que los rayos del sol influyan sobre el frente del termómetro y dirigir el termómetro hacia la parte media de la palma.



Figura 4. 4a: Termómetro EVEREST 6210; 4b: Metodología de toma de datos de temperatura.

2.5 Tasas de desarrollo y distribución de los casos de marchitez. Se determinó las incidencias y tasas de desarrollo de los casos asociados a marchitez de tres plantaciones estudiadas (Guaicaramo, Casanare y Oriente). Se utilizó la técnica de los polígonos de Thiessen para realizar el modelo de la distribución espacio temporal de los casos de la plantación Guaicaramo.

2.6 Muestreo de raíces. En los días de evaluación, se tomaron muestras de raíces, haciendo una calicata de 30 cm de profundidad a una distancia de 30cm de la base del estípote (Figura 5), en donde se observó en un microscopio, la presencia o ausencia de protozoarios flagelados. De cada muestra, se escogieron al azar ocho raíces por palma para la evaluación.

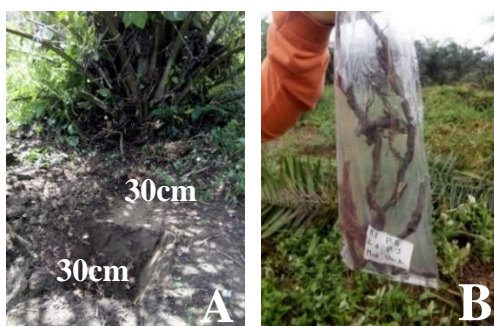


Figura 5. A: Medidas calicata; **B:** Muestra de raíces.

2.7 Análisis estadístico

2.7.1 Variables cualitativas. Se sometieron a un análisis de correspondencia múltiple (ACM) y a un análisis de clasificación jerárquica utilizando el criterio de agregación de Ward, el cual garantiza la obtención de clases en las que es mayor la separación entre clases (máxima inercia interclases) y la homogeneidad dentro de los grupos constituidos (mínima inercia intraclases) (Etxeberría *et al.* 1995). Para estos análisis se utilizó el software SPAD (Versión 5.6).

2.7.2 Variables cuantitativas. Se analizaron con métodos estadísticos diferentes. La variable de termometría infrarroja fue sometida a una prueba de “t” de Student de comparación de muestras independientes y se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para las variables evaluadas en el estípote correspondientes a porcentaje de humedad, densidad aparente, peso húmedo y peso seco.

2.8 Tasa de desarrollo e incidencias: Se estimó la velocidad de desarrollo de la enfermedad (r) a partir de un modelo logístico generado en función de la ecuación de crecimiento exponencial citada a continuación (Castaño, 2002).

Ecuación 1. $Y_1 = Y_0 e^{rt}$, donde:

r = Tasa de desarrollo de la enfermedad

T = Tiempo de evaluación

Y = Valor proporcional entre 0 y 1 de enfermedad final

Y₀ = Valor proporcional entre 0 y 1 de enfermedad inicial

2.9 Distribución espacio temporal: El método consistió en identificar las relaciones entre las plantas enfermas de un período anterior (n-1) y los casos nuevos (n), se calculó la distancia entre un planta enferma del período anterior (n-1) y los casos ocurridos en el tiempo de análisis (n), para lo cual se calculó la distancia euclidiana entre cada uno de los casos positivos en n-1 y n, a partir de esto se utilizó la técnica de los polígonos de Thiessen, los cuales se agruparon mediante entidades que garantizan que cada punto se encuentre lo más cercano posible de los demás puntos relacionados, para lo cual se utilizó el método de Triangulaciones de Orden Superior de Delaunay (HODT).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El trabajo se realizó entre los meses de febrero a noviembre del año 2018, en donde se evaluaron 86 palmas comprendidas entre las cuatro plantaciones. Las plantaciones estudiadas presentaron diferentes características en los lotes evaluados (Tabla 3).

Tabla 3. Características y periodos de evaluación de las plantaciones.

Plantación	Lote	Material	Año siembra	Periodo de evaluación
Guaicaramo	340	IRHO	2014	Febrero-Agosto
	7	IRHO	2015	
P. Casanare	E	IRHO	2014	Agosto-Noviembre
	D	IRHO	2015	
P. Oriente	14	IRHO	2015	
P. Maracos	C	UNIPALMA	2012	

VARIABLES CUALITATIVAS

Coloración de foliolos. Mediante las observaciones en campo, se encontraron seis diferentes colores (Tabla 4), los cuales se combinaban en los foliolos, llegando a formar hasta 10 diferentes combinaciones (Tabla 5, Figura 6).

Tabla 4. Colores encontrados en foliolos afectados.

Color	Abreviatura
Café claro	Cc
Café	C
Amarillo	A
Verde	V
Gris	G
Verde amarillo	Va

Tabla 5. Combinación de colores en foliolos de palmas con síntomas de marchitez.

No.	Color 1	Color 2	Color 3	Color 4	Abreviatura
1	Café claro	Café	Amarillo	Verde	CcCAV
2	Café claro	Café	Café	Café	CcCCC
3	Café claro	Café	Verde	Verde	CcCVV
4	Café claro	Café claro	Café Claro	Café claro	CcCcCcCc
5	Café claro	Café	Verde amarillo	Verde amarillo	CcCVaVa
6	Gris	Café	Amarillo	Verde	GCAV
7	Gris	Café	Verde amarillo	Verde amarillo	GCVaVa
8	Gris	Café	Verde	Verde	GCVV
9	Gris	Gris	Gris	Gris	GGGG
10	Verde	Verde	Verde	Verde	VVVV

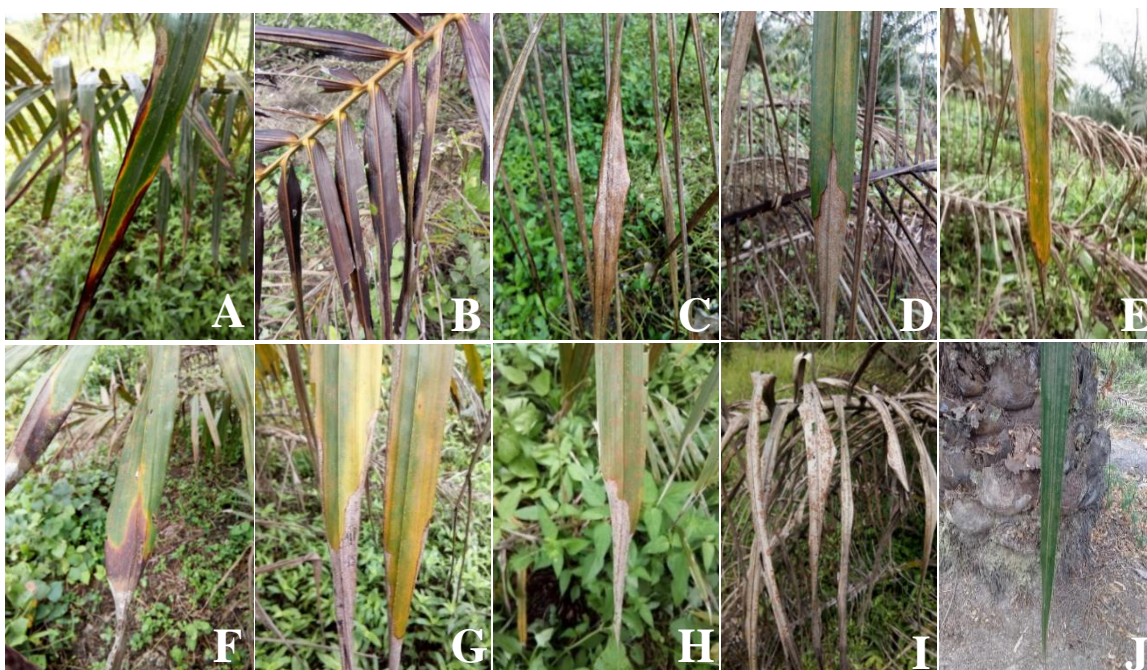


Figura 6. (Combinación de colores). **A:** CcCAV; **B:** CcCCC; **C:** CcCcCcCc; **D:** CcCVV; **E:** CcCVaVa; **F:** GCAV; **G:** GCVaVa; **H:** GCVV; **I:** GGGG; **J:** VVVV.

Síntomas externos e internos. En las evaluaciones realizadas, cinco síntomas considerados en la matriz no fueron observados: secamiento desordenado de hojas (SDH), secamiento descendente (SDsc), secamiento a partir de la base (SBs), coloración normal de estípites

(CNE) y zonas con aparentes pudriciones secas (ZPS). Como caso contrario, secamiento ordenado de hojas (SOH), secamiento ascendente (SAsc), secamiento a partir del ápice (SAp), entorchamiento de foliolos (EF), secamiento de foliolos rudimentarios (SFR) y coloración amarillenta en estípite (CAE), fueron observados en todas las 86 palmas.

Los síntomas y la consistencia observados en la primera revisión no cambiaron con el transcurso de los días; como caso contrario en la coloración de los foliolos, se observó en un solo caso cambio en la tonalidad entre la evaluación uno y la evaluación dos (ANEXO 3). Los demás casos conservaron la coloración independientemente de los días transcurridos, viéndose solamente un avance de la afección en el área del foliolo.

Para realizar el análisis estadístico de correspondencia múltiple (ACM), se agrupó en 11 variables todas las categorías cualitativas que fueron observadas en las palmas evaluadas, teniendo un total de 75 categorías (Tabla 6).

Tabla 6. Variables y numero de categorías utilizadas en el análisis estadístico.

Variable	Categorías
Hojas	13
Foliolos	2
Racimos e Inflorescencias	8
Raíces	3
Estípite	13
Color hojas tercio inferior (CHTI)	10
Color hojas tercio medio (CHTM)	10
Color hojas tercio superior (CHTS)	10
Consistencia hojas tercio inferior (CONSHTI)	2
Consistencia hojas tercio medio (CONSHTM)	2
Consistencia hojas tercio superior (CONSHTS)	2

Análisis de Correspondencia Múltiple

De las 75 categorías analizadas inicialmente, fueron descartadas 23 por el programa estadístico, dado que SPAD elimina por defecto aquellas categorías con una frecuencia baja (Bécue, 2005). En la Tabla 7, se muestra la contribución de los valores propios a la variabilidad. Según Sierra (2011), uno de los criterios en la extracción del espacio factorial, es conseguir un 70% de inercia explicada o más. Para este estudio se tomó el 79,79% de la variabilidad total, la cual está explicada en 19 factores, lo cual según Bécue (2005) es habitual en el análisis de correspondencias múltiples, ya que la variabilidad inicial suele ser

elevada.

Tabla 7. Valores propios y proporción de la varianza explicada en el análisis de correspondencia múltiple con base en 52 variables cualitativas.

Número	Valor propio	Varianza (%)	Varianza acumulada (%)
1	0,3975	10,41	10,41
2	0,2528	6,62	17,03
3	0,2381	6,24	23,27
4	0,2321	6,08	29,35
5	0,1865	4,89	34,23
6	0,1821	4,77	39,00
7	0,1767	4,63	43,63
8	0,1578	4,13	47,76
9	0,1495	3,91	51,68
10	0,1384	3,63	55,30
11	0,1269	3,32	58,62
12	0,1249	3,27	61,90
13	0,1162	3,04	64,94
14	0,1087	2,85	67,79
15	0,0997	2,61	70,40
16	0,0953	2,50	72,89
17	0,0947	2,48	75,37
18	0,0874	2,29	77,66
19	0,0813	2,13	79,79

En la Tabla 8 se muestra la contribución de las variables a cada factor. El primer factor explica el 10,41% de la variabilidad total, y las variables que más contribuyeron a su conformación fueron: consistencias quebradiza y turgente en tercio inferior y medio, la combinación de color CcCAV en tercio inferior y medio y la combinación de color VVVV en el tercio superior. Las combinaciones de colores diferentes a las presentadas en el factor uno y las consistencias encontradas en las hojas del tercio superior, contribuyen a la conformación desde el factor dos hasta el seis, sumando 28.6% a la variabilidad. Por otro lado, las variables: hojas, foliolos, racimos e inflorescencias, estípites y raíces, con sus correspondientes categorías, conforman desde el factor siete hasta el 19, sumando 40,79% a la variabilidad total (Tabla 8).

Tabla 8. Contribución de los factores a la variabilidad total.

Característica	Contribución Factores																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
HOJAS																			
SOH-SAsc	1,55	0,72	2,28	3,16	0,00	1,16	1,26	0,01	0,44	1,08	1,38	0,17	4,35	5,99	0,32	0,74	0,63	1,85	0,00
SOH-SAsc-AF	0,04	0,83	3,71	0,10	3,98	0,09	0,61	3,58	1,15	11,18	3,29	2,98	0,59	4,32	2,18	0,00	3,25	0,66	1,42
SOH-SAsc-CHN	0,90	0,20	1,55	4,60	0,03	0,01	0,22	1,00	3,87	0,13	0,32	0,02	1,75	2,89	1,37	1,71	2,02	8,77	4,80
SOH-SAsc-CHN-AF	0,08	0,03	2,73	0,93	1,31	0,00	1,84	3,58	0,31	1,91	0,44	2,57	6,56	3,40	3,58	12,69	0,51	0,13	6,51
SOH-SAsc-CHN-AF-PF	2,49	3,87	0,30	0,13	9,27	1,98	2,24	1,83	0,20	0,03	0,29	0,00	2,90	0,22	0,47	6,03	11,22	1,20	0,66
SOH-SAsc-CHN-HSPA	1,91	0,65	1,51	0,00	6,28	4,54	8,83	0,05	1,83	5,85	2,97	2,06	2,49	0,06	0,05	1,62	0,67	0,06	0,01
SOH-SAsc-CHN-HSPA-PF	0,47	0,36	1,19	0,49	0,00	6,58	8,73	2,69	0,18	0,10	1,73	3,80	0,37	0,94	0,86	2,07	10,79	4,37	0,38
SOH-SAsc-CHN-PF	2,30	3,60	0,06	0,01	0,36	7,42	4,16	9,00	0,07	1,18	2,10	0,12	0,03	0,09	1,90	0,71	0,02	0,02	0,06
SOH-SAsc-HSPA	0,04	0,27	0,02	0,00	1,45	0,00	0,87	0,23	16,36	5,46	2,48	1,42	0,00	4,46	0,09	1,66	5,01	1,26	0,65
SOH-SAsc-HSPA-PF	0,15	0,00	0,06	0,23	0,44	0,87	0,00	1,70	4,05	3,87	0,01	1,80	0,20	17,52	13,74	11,95	0,02	9,82	5,75
SOH-SAsc-PF	0,05	1,13	0,08	0,35	0,04	0,29	0,03	7,90	3,57	0,80	10,53	0,88	2,79	4,62	1,17	13,36	9,85	1,09	0,06
FOLIOLOS																			
SAP-EF-SFR	4,31	0,33	1,18	6,80	2,38	0,00	0,46	0,38	0,02	0,46	1,04	1,02	0,01	1,47	0,00	0,62	0,07	0,09	0,26
SAP-SPCA-EF-SFR	2,43	0,18	0,66	3,83	1,34	0,00	0,26	0,21	0,01	0,26	0,58	0,58	0,01	0,83	0,00	0,35	0,04	0,05	0,15
RACIMOS E INFLORES.																			
IP-FMD	1,53	4,06	0,59	1,37	2,72	1,23	0,01	0,02	0,58	0,14	0,77	1,41	0,14	0,27	2,03	0,26	0,15	1,13	3,06
RP-FDPB	0,79	0,63	0,00	0,55	0,50	0,02	0,06	1,11	2,08	9,80	2,32	0,63	2,46	0,14	18,92	0,83	1,90	23,71	0,34
RP-FDPB-FMD	2,68	1,38	4,36	0,61	0,00	2,26	5,99	0,35	0,04	0,84	12,59	0,47	0,13	8,57	5,73	0,11	0,01	0,04	1,18
RP-IP-FDPB	4,03	0,59	0,47	0,14	0,19	0,79	0,48	4,44	8,42	0,95	0,04	0,09	0,49	3,81	0,01	0,54	1,55	1,40	3,84
RP-IP-FDPB-FMD	1,14	0,03	0,11	1,63	3,48	0,70	0,74	2,69	1,48	4,91	0,21	3,40	0,68	0,17	0,18	0,47	0,18	2,79	21,23
RAICES																			
ASR-RME	0,52	2,19	1,96	0,13	9,22	2,87	3,35	0,01	0,01	0,79	1,61	5,68	0,15	0,29	0,01	0,31	1,03	0,06	0,07
ASR-RS	0,09	0,39	0,35	0,02	1,64	0,51	0,60	0,00	0,00	0,14	0,29	1,01	0,03	0,05	0,00	0,05	0,18	0,01	0,01
ESTIPIITE																			
CAE	0,01	0,39	7,07	0,07	2,18	1,40	1,35	1,94	0,05	1,66	1,15	0,10	3,79	1,59	3,06	0,57	2,65	0,32	0,00
CAE-HRE	0,00	2,85	0,87	2,19	2,40	2,36	0,61	14,89	1,48	0,10	3,59	1,74	0,00	0,05	0,00	0,97	0,11	0,02	4,60
CAE-ZRE	0,00	0,07	0,58	0,08	0,02	7,88	0,12	0,60	3,11	2,86	1,34	0,12	2,44	2,90	0,15	2,54	0,44	0,04	1,87
CAE-ZRE-GS	0,01	1,03	0,12	0,03	0,06	0,04	0,60	0,01	3,63	2,72	0,15	4,87	25,37	1,37	5,71	5,53	5,61	1,96	4,00
CAE-ZRE-GS-LCO	0,03	0,00	0,32	0,10	4,62	1,36	2,42	0,26	0,43	7,52	1,74	9,03	15,27	7,27	0,03	0,44	2,20	0,02	8,21
CAE-ZRE-HRE	0,63	2,98	1,44	0,51	0,08	2,32	0,73	0,02	11,58	3,05	1,24	1,95	0,02	0,39	4,93	1,93	0,00	2,82	4,61
CAE-ZRE-ZPH-LCO	0,19	2,10	0,05	0,21	0,09	0,02	5,29	3,10	7,53	0,04	2,43	3,04	0,08	3,80	1,95	2,34	3,29	9,21	8,89
CAE-ZRE-ZPH-LSO	1,24	4,95	0,30	0,09	9,38	1,96	0,18	0,71	0,03	0,07	0,51	9,80	0,24	0,28	2,14	1,49	1,92	1,53	0,06
CHTI																			
CcCAV	6,20	0,89	1,03	0,95	0,01	0,13	0,78	0,87	0,14	1,64	4,06	2,77	0,03	0,00	0,47	1,89	1,98	1,28	0,18
CcCCC	0,09	0,85	0,16	3,85	0,31	3,38	3,88	0,01	3,62	6,87	5,04	0,02	8,42	0,54	0,73	7,54	1,60	0,08	0,15
CcCVV	2,46	3,13	0,80	5,62	2,33	1,08	0,07	1,69	2,58	0,44	0,01	0,11	0,25	0,85	0,12	4,46	6,92	1,12	0,25
CcCcCcCc	2,96	3,65	1,09	6,82	0,10	3,65	0,70	0,24	1,33	0,92	4,74	5,42	3,08	0,00	0,74	0,00	0,47	2,22	0,22
CcCVaVa	0,00	4,22	0,41	8,42	3,60	0,50	0,24	0,01	2,56	1,23	1,33	1,36	0,51	0,11	0,35	2,70	0,00	2,14	1,81
GCAV	0,11	2,61	0,74	0,68	0,76	8,75	2,98	1,27	2,79	7,69	3,53	2,69	3,23	4,05	0,38	0,01	1,14	5,44	0,04
GCVaVa	0,74	0,87	23,31	1,54	0,37	2,20	4,12	0,24	0,10	0,97	0,15	0,14	0,15	0,05	0,60	0,05	2,27	0,38	0,45
CHTM																			
CcCAV	4,43	0,50	1,55	1,61	0,30	0,07	0,04	2,61	0,55	0,08	0,00	0,71	0,59	0,37	0,06	0,02	0,43	0,32	0,63
CcCCC	3,89	0,29	0,03	4,48	0,00	0,42	7,14	0,38	2,01	3,92	0,64	6,05	1,99	0,01	5,51	2,93	0,59	3,09	1,24
CcCVV	3,55	10,03	2,89	5,36	0,82	1,15	1,49	2,07	0,11	0,49	0,44	0,33	0,00	0,79	0,01	0,37	0,00	0,01	0,63
CcCcCcCc	1,27	0,53	0,96	3,21	1,47	9,56	4,43	2,29	0,75	1,19	1,84	1,31	0,30	5,48	6,38	1,56	0,16	1,51	1,07
CcCVaVa	0,23	6,90	1,12	6,61	2,36	0,51	0,65	0,16	0,04	0,28	0,29	3,09	0,59	0,85	0,02	0,24	1,60	0,51	0,78
GCAV	0,02	3,98	5,83	1,48	5,19	0,03	0,68	4,58	1,58	0,06	6,28	0,02	4,53	0,17	8,65	2,14	0,96	1,38	0,37
GCVaVa	0,48	0,02	16,35	0,28	4,66	2,49	7,45	0,71	0,15	0,02	0,32	0,25	0,07	1,79	0,09	0,62	1,26	0,00	3,98
CHTS																			
CcCAV	4,42	1,29	3,00	6,59	1,02	1,89	2,89	0,75	1,28	0,12	0,57	2,43	0,01	1,15	0,00	0,15	2,47	0,77	3,33
CcCVV	2,87	2,15	1,32	0,01	0,41	9,75	4,55	2,28	0,99	2,37	1,58	4,58	1,16	1,44	1,91	0,23	0,27	1,36	0,54
CcCVV	3,46	1,22	0,06	2,28	7,32	0,46	0,03	11,08	0,76	0,50	6,49	0,10	0,02	1,75	2,08	1,45	1,57	0,02	1,14
VVVV	1,99	0,02	0,79	0,39	0,00	0,03	0,01	0,01	0,22	0,02	0,14	0,00	0,07	0,02	0,01	0,05	0,37	0,00	0,07
CONSHTI																			
turgente	4,81	0,23	0,07	1,69	0,36	0,00	0,06	0,79	2,52	0,90	2,34	0,16	0,71	0,03	0,58	0,25	1,28	0,03	0,00
quebradizo	4,81	0,23	0,07	1,69	0,36	0,00	0,06	0,79	2,52	0,90	2,34	0,16	0,71	0,03	0,58	0,25	1,28	0,03	0,00
CONSHTM																			
turgente	3,27	0,00	0,05	1,37	0,12	0,28	0,80	0,03	0,21	0,02	0,04	0,03	0,04	0,00	0,03	0,10	0,18	0,08	0,06
quebradizo	10,13	0,00	0,17	4,25	0,38	0,86	2,47	0,09	0,64	0,07	0,11	0,10	0,13	0,01	0,09	0,32	0,54	0,23	0,19
CONSHTS																			
turgente	0,11	0,21	0,04	0,05	0,00	0,06	0,01	0,09	0,00	0,03	0,01	0,17	0,00	0,01	0,00	0,02	0,14	0,00	0,00
quebradizo	4,52	8,64	1,58	2,13	0,02	2,49	0,23	3,64	0,01	1,32	0,49	6,99	0,00	0,29	0,00	0,69	5,79	0,00	0,14

CHTI: Color hojas tercio inferior, CHTM: Color hojas tercio medio, CHTS: Color hojas tercio superior, CONSHTI: Consistencia hojas tercio inferior, CONSHTM: Consistencia hojas tercio medio, CONSHTS: Consistencia hojas tercio superior

Análisis de clasificación jerárquica

La clasificación en SPAD se realiza a partir de las coordenadas de los ejes factoriales. Este procedimiento se realiza aplicando sobre los datos dos algoritmos: algoritmo de clasificación jerárquica, con el objetivo de escoger en cuantos grupos deben clasificarse los individuos y el algoritmo de centros móviles, con el objetivo de mejorar la clasificación (Bécue, 2005).

El análisis de clasificación jerárquica agrupó las variables en grupos diferentes. Se tomó la decisión de particionar los individuos en 15 grupos, con el fin de que cada grupo tenga un porcentaje similar y poder ser analizado de manera reducida (Figura 7).

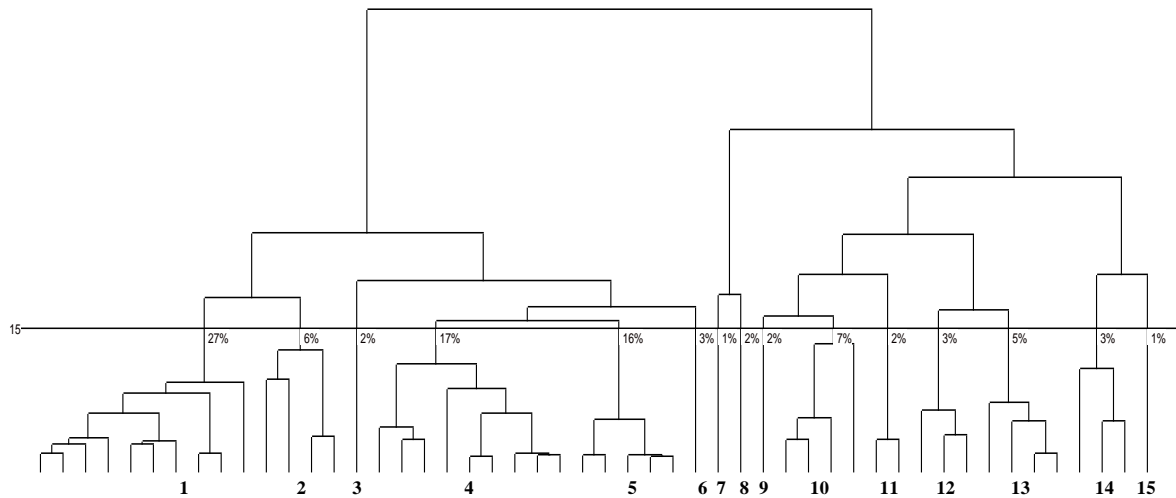


Figura 7. Dendrograma de la clasificación jerárquica de los 86 individuos evaluados.

Se descartaron los Clúster (7, 8, 11, 12, 15) y (6, 9, 14), por agrupar solamente individuos con igual combinación de color en el caso de los cinco primeros, y por agrupar una sola categoría en el caso de los otros tres. Además, el porcentaje que representaban esos grupos no era muy significativo (Figura 7).

El clúster uno está compuesto por 23 palmas que corresponden al 25,58% del total de la población, agrupando las siguientes variables y categorías (Tabla 9, Figura 8).

Tabla 9. Variables y categorías agrupadas en el Clúster 1.

Variables	Categorías	% del grupo en la categoría
HOJAS	SOH-SAsc-CHN	54,5
FOLIOLOS	SAP-EF-SFR	45,2
RACIMOS E INFLORESCENCIAS	IP-FMD	38,1
Color Hojas Tercio Inferior (CHTI)	CcCVaVa	78,9
Color Hojas Tercio Medio (CHTM)	CcCVaVa	79,2

SOH: Secamiento ordenado de hojas; SAsc: Secamiento ascendente; CHN: Clorosis en hojas nuevas; SAP: Secamiento a partir del ápice; EF: Entorchamiento de foliolos; SFR: Secamiento de foliolos rudimentarios; IP: Inflorescencias podridas; FMD: Frutos momificados con fácil desprendimiento; CcCVaVa: Cafeclaro.Cafe-Verdeamarillo-verdeamarillo

CLÚSTER 1



Figura 8. A: SOH-SAsc-CHN; B: SAp-EF y CcCVaVa; C: SFR; D: IP; E-F: FMD

Se presenta a continuación una comparación de algunas de las características agrupadas en este clúster, que son similares a las descritas por varios autores en la caracterización de enfermedades (Tabla 10).

Tabla 10. Reportes de varios autores en la caracterización de enfermedades.

Enfermedad	Autor(es)	Característica
Marchitez vascular (<i>Fusarium oxysporum</i>)		Coloración amarillo-limón en hojas jóvenes
	Turner (1981)	Hojas de la corona se secan tomando color gris-café
	Franqueville y Diabaté (1995)	Desecación de la hoja comienza por el ápice Amarillamiento y decoloración café, parte media de la corona
	Elliott (2010)	Los folíolos presentan tonos amarillentos o más frecuentemente tendrán una sombra de color marrón
Pudrición de Estípite	Idris (2013)	Amarillamiento de un solo lado o moteado de las hojas bajas seguido de necrosis Hojas recién desplegadas son cloróticas La necrosis empieza en las hojas más viejas y se extiende progresivamente hacia arriba a través de la corona
Pudrición Húmeda de Estípite	Arango <i>et al.</i> , (2011)	Racimos podridos secos que no desprenden frutos
Pudrición Seca de Estípite	Nieto (1994)	Pudrición repentina y total de frutos maduros, inmaduros e incluso de inflorescencias florales

Marchitez Sorpresiva (<i>Phytomonas</i> sp)	Arango <i>et al.</i> , (2011)	Pudrición de inflorescencias, pero estas no se desprenden con facilidad
Marchitez Letal	Arango <i>et al.</i> , (2011)	Pudrición de inflorescencias, también presenta fácil desprendimiento

Los tipos de pudrición de estípite, seca (*Ceratocystis* sp.), basal (*Ganoderma* sp.), húmeda (Bacterias), corchosa (*Kretzschmaria deusta*) y pudrición alta del tallo (*Phellinus noxius*), presentan afecciones como: descomposición del estípite, coloración marrón oscura en la zona afectada, tejido corchoso, húmedo, algodonoso o esponjoso y quebradizo, dependiendo del tipo de pudrición de estípite presente (Nieto, 1994; Albertazzi, 2017). En este proyecto se evidenciaron tan solo cinco casos con lesiones húmedas en el interior del estípite que al igual que lo expuesto por Albertazzi (2017), se observó un exudado de mal olor que se ubicó en la parte basal del estípite. Estos casos observados no fueron agrupados en este clúster, ya que no compartieron las características que presentaron las 23 palmas agrupadas. Por esta razón y siguiendo las referencias de los autores anteriormente citados con respecto a la sintomatología interna, se concluye que, a excepción de los cinco casos observados en este proyecto, las palmas agrupadas con estas características no podrían catalogarse con pudriciones de estípite.

La pudrición de inflorescencias es la única característica que comparten las 23 palmas agrupadas en este grupo con lo referenciado a marchitez letal y marchitez sorpresiva, así que se descartaría la posibilidad de que estas palmas presenten alguna de estas enfermedades. Además, en relación con marchitez sorpresiva, la prueba que se realizó en raíces para la observación de protozoarios fue negativa en las 86 palmas evaluadas, aportando más evidencias para el descarte de esta enfermedad.

Fusarium oxysporum f. sp. *elaedis*, causante de la enfermedad marchitez vascular en palma de aceite, es un hongo habitante natural del suelo, el cual penetra a la palma por las raíces y se moviliza por el xilema donde produce una obstrucción de los vasos, lo cual conlleva al marchitamiento y muerte de la palma (Renard y Quillec, 1985). El xilema es el encargado de transportar la savia bruta hasta las hojas donde por la fotosíntesis es reconvertida en savia elaborada y es transportada por el floema hacia todos los órganos de la planta (Marguilis y Sagan, 2017). Al verse interrumpido el transporte de estas sustancias a través de la planta, afectará el desarrollo de muchos órganos, siendo una de las posibles causas de la desecación

o momificación de los frutos y la pudrición de inflorescencias.

En relación con los síntomas descritos por los autores anteriormente citados referente a marchitez vascular causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis*, las 23 palmas agrupadas en este clúster presentan similitud en la mayoría de los síntomas; sin embargo, esta forma especial del género *Fusarium*, aún no ha sido confirmada en Colombia, a pesar de que Sánchez (1966) postula que esa enfermedad fue reconocida en Colombia. Por lo anterior, sería pertinente realizar trabajos de patogenicidad, inoculación y aislamientos en palmas jóvenes y adultas.

El clúster cinco con 15 palmas corresponde al 18,60% del total de la población, agrupando las siguientes variables y categorías (Tabla 11, Figura 9).

Tabla 11. Variables y categorías agrupadas en el Clúster cinco.

Variables	Categorías	% del grupo en la categoría
HOJAS	SOH-SAsc	47,62
FOLIOLOS	SAP-SPCA-EF-SFR	27,27
RACIMOS E INFLORESCENCIAS	RP-IP-FDPB	82,35
ESTÍPITE	CAE-ZRE-HRE	58,33
Color Hojas Tercio Inferior (CHTI)	CcCAV	41,38
Color Hojas Tercio Medio (CHTM)	CcCAV	33,33
Consistencia Hojas Tercio Inferior	turgente	30,23
Consistencia Hojas Tercio Inferior	quebradizo	6,98

SOH: Secamiento ordenado de hojas; SAsc: Secamiento ascendente; SAP: Secamiento a partir del ápice; SPCA: Secamiento precedido por coloración amarilla; EF: Entorchamiento de foliolos; SFR: Secamiento de foliolos rudimentarios; RP: Racimos podridos IP: Inflorescencias podridas; FDPB: Frutos con fácil desprendimiento y pudrición a partir de la base; CAE: Coloración amarilla en estípite; ZRE: Zonas rojizas en estípite; HRE: Halo rojizo en estípite; CcCAV: Cafeclaro.Cafe-Amarillo-Verde.

CLÚSTER 5



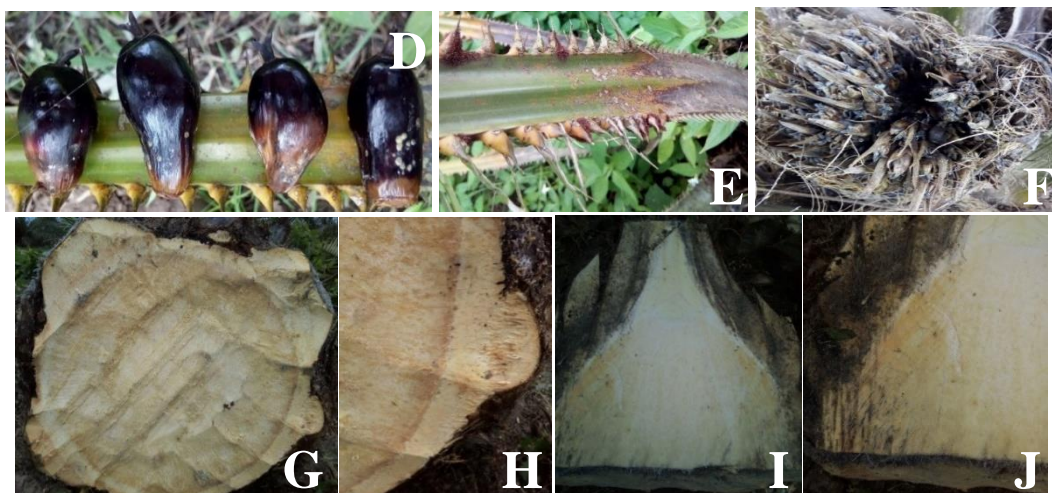


Figura 9. A: SOH-SAsc; B: SAP-SPCA-CcCAV-EF; C: RP; D: FDPB; E: SFR; F: IP; G-H: HRE; I-J: CAE-ZRE.

Se presenta a continuación una comparación de las características agrupadas en este clúster, que son similares a las descritas por varios autores en la caracterización de enfermedades (Tabla 12).

Tabla 12. Reportes de varios autores en la caracterización de enfermedades.

Enfermedad	Autor(es)	Característica
		Secamiento ascendente
	Arango <i>et al.</i> , (2011)	Secamiento precedido de coloración amarillenta Lateralmente toman un color marrón que avanza por su margen, precedido de una coloración amarillenta
		Racimos podridos
Marchitez Letal	Acosta <i>et al.</i> , (2001)	Frutos con fácil desprendimiento y pudrición a partir de la base Pudrición de inflorescencias
		En algunos casos es posible encontrar un halo necrótico a lo largo del estípite
	Sánchez <i>et al.</i> , (2003)	Presencia muy frecuente de un halo variable en color, que va desde la base del estípite (de color crema oscuro) al bajo meristemo (de color crema oscuro a violáceo)
		Cambios de coloración en el estípite (de color crema a salmon)

Las categorías agrupadas en el clúster cinco, cumplen en su gran mayoría a lo referenciado por los autores con respecto a los síntomas característicos de la marchitez letal; solamente el secamiento desordenado o disperso de hojas, característica que, según Arango *et al.* (2011) y Sánchez *et al.* (2003), es una característica típica de la marchitez letal, no fue observada en ninguna de las 86 palmas evaluadas. Por lo anterior, parecería pertinente seguir estudiando o validar esta característica en próximos trabajos, ya que existe una gran probabilidad de que esta característica no sea típica de la marchitez letal y más aún, no ser uno de los síntomas que diferencien la marchitez letal de la marchitez sorpresiva.

Una característica que debería ser tomada en cuenta en el seguimiento de los síntomas, es la forma en que se distribuye la afección a lo largo del foliolo (Figura 10).



Figura 10. Disposición de la afección en los foliolos de las palmas agrupadas en el clúster.

En la Figura 10 se observa que el secamiento de color café inicia por el ápice del foliolo, distribuyéndose posteriormente hacia los bordes. El margen de color amarillo únicamente precede este secamiento, es decir, no se observará la coloración amarilla en lugares donde no haya necrosis, a diferencia de las demás combinaciones de colores que se presentan en otros foliolos (Figura 6).

El clúster cuatro con 14 palmas corresponde al 16,28% de la población total, agrupando las siguientes variables y categorías (Tabla 13, Figura 11).

Tabla 13. Variables y categorías agrupadas en el clúster cuatro.

Variables	Categorías	% del grupo en la categoría
HOJAS	SOH-SAsc-HSPA	100
RACIMOS E INFLORESCENCIAS	RP-IP-FDPB-FMD	52,94
CHTM	CcCAV	28,89

SOH: Secamiento ordenado de hojas; SAsc: Secamiento ascendente; HSPA: Hojas superiores con puntas afectadas; RP: Racimos podridos IP: Inflorescencias podridas; FDPB: Frutos con fácil desprendimiento y pudrición a partir de la base; FMD: Frutos momificados y con fácil desprendimiento; CcCAV: Cafeclaro.Cafe-Amarillo-Verde.

CLÚSTER 4

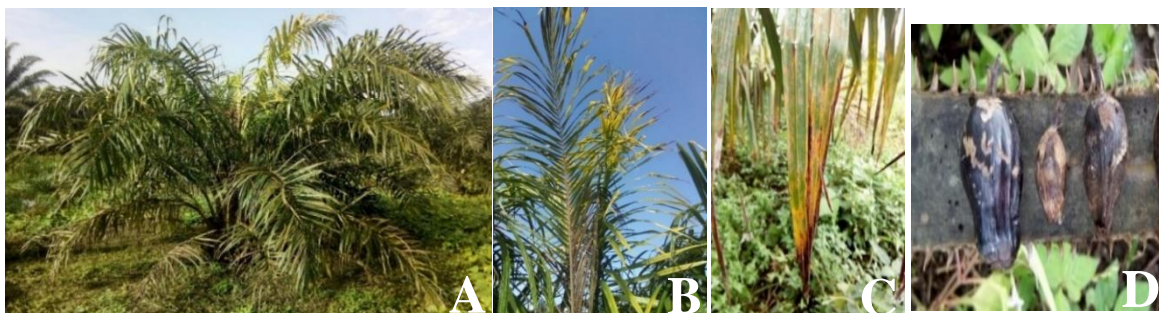


Figura 11. A: SOH-SAsc; B: HSPA; C: FDPB-FMD; D: CcCAV.

Se presenta a continuación una comparación de algunas características agrupadas en este clúster, que son similares a las descritas por varios autores en la caracterización de la enfermedad (Tabla 14).

Tabla 14. Reportes de varios autores en la caracterización de enfermedades.

Enfermedad	Autor(es)	Característica
Pudrición de Estípite	Idris (2013)	Hojas recién desplegadas pueden presentar necrosis en las puntas

Según Idris (2013), en algunos casos las palmas inmaduras con pudrición de estípite pueden presentar una necrosis en las puntas, sin embargo, con lo dicho anteriormente, a excepción de los cinco casos observados en este proyecto, presentó, en comparación con la literatura algún tipo de pudrición. Las palmas agrupadas con estas características en este clúster no podrían ser catalogadas como una nueva enfermedad, ya que tienen combinación de los dos grupos anteriormente descritos, así que se recomienda seguir estudiando el comportamiento de palmas que tengan en común estas características.

El clúster 10 con seis palmas corresponde al 6,98% de la población total, agrupando las siguientes variables y categorías (Tabla 15, Figura 12).

Tabla 15. Variables y categorías agrupadas en el clúster 10.

Variables	Categorías	% del grupo en la categoría
HOJAS	SOH-SAsc-CHN-PF	60,00
ESTIPITE	CAE-ZRE	15,38

SOH: Secamiento ordenado de hojas; SAsc: Secamiento ascendente; CHN: Clorosis hojas nuevas; PF: Pudrición flecha; CAE: Coloración amarilla en estípite; ZRE: Zonas rojizas en estípite.

CLÚSTER 10



Figura 12. A: SOH-SAsc-CHN; B: PF; C: CAE; D: ZRE.

Se presenta a continuación una comparación de algunas características agrupadas en este clúster, que son similares a las descritas por varios autores en la caracterización de la enfermedad (Tabla 16).

Tabla 16. Reportes de varios autores en la caracterización de enfermedades.

Enfermedad	Autor(es)	Característica
Pudrición de Cogollo	Nieto (1992)	Pudrición de flechas
		Clorosis
Pudrición de Cogollo	Cenipalma (2016)	Afección en el meristemo
		Lesión en flechas
		Amarillamiento en hojas jóvenes
		Lesiones en el cogollo

Las características agrupadas en este clúster corresponden a pudrición de cogollo, sin embargo, hay que tener presente que los síntomas pueden variar por la época en que se presente la enfermedad. En los Llanos Orientales en períodos secos, la enfermedad se presenta como una pudrición de flecha. En invierno la pudrición avanza a los tejidos internos y manifiesta una sintomatología típica de pudrición de cogollo (Martins, 1990; Nieto, 1992).

El clúster dos con cinco palmas que corresponden al 5,81% de la población total, agrupando las siguientes variables y categorías (Tabla 17, Figura 13).

Tabla 17. Variables y categorías agrupadas en el clúster 2.

Variables	Categorías	% del grupo en la categoría
HOJAS	SOH-SAsc-PF	100,00
CHTM	CcCVV	50,00

SOH: Secamiento ordenado de hojas; SAsc: Secamiento ascendente; PF: Pudrición flecha; CcCVV: Cafeclaro-Café-Verde-Verde

CLÚSTER 2



Figura 13. A: SOH-SAsc; B: PF; C: CcCVV.

El amarillamiento de las hojas jóvenes en la palma, causado también por la enfermedad

podrición de cogollo en estados avanzados, durante el verano puede desaparecer, tan solo mostrando la pudrición en la flecha (Nieto, 1992). Así que, no es necesario encontrar una clorosis de las hojas jóvenes junto a la pudrición en la flecha, como lo observado en estas cinco palmas. En este clúster, además, se presentó la combinación de colores CcCVV (Figura 13C), característica que se debería seguir estudiando, para saber si este tipo de combinación es propia de esta enfermedad.

El clúster 13 con cuatro palmas que corresponden al 4,65% de la población total, agrupando las siguientes variables y categorías (Tabla 18, Figura 14).

Tabla 18. Variables y categorías agrupadas en el clúster 13.

Variables	Categorías	% del grupo en la categoría
HOJAS	SOH-SAsc-CHN-AF-PF	75,00
CONSHTM	quebradizo	19,05

SOH: Secamiento ordenado de hojas; SAsc: Secamiento ascendente; CHN: Clorosis hojas nuevas; AF: Acumulación flechas; PF: Pudrición flecha.

CLÚSTER 13



Figura 14. A: SOH-SAsc-CHN; B: AF; C: PF.

Se presenta a continuación una comparación de algunas características agrupadas en este clúster, que son similares a las descritas por varios autores en la caracterización de la enfermedad (Tabla 19).

Tabla 19. Reportes de varios autores en la caracterización de enfermedades.

Enfermedad	Autor(es)	Característica
Pudrición de Estípíte	Idris (2013)	Acumulación de varias flechas sin abrir
		Clorosis en hojas jóvenes
Pudrición de Cogollo	Nieto (1992) y Cenipalma (2016)	Pudrición de flecha
Estrés Hídrico	Arango <i>et al.</i> , (2011)	Acumulación de flechas
	Cornaire (1994)	Numerosas flechas cerradas

En ningún artículo científico relacionado con enfermedades o disturbios en palma de aceite, discuten la posibilidad de encontrar palmas con acumulación de flechas, clorosis en hojas nuevas y pudrición de flecha en un mismo individuo. Los autores citados anteriormente, separan los síntomas en enfermedades diferentes, generando una confusión cuando se observan palmas con estas características. Por lo cual se recomienda ser más rigurosos en la identificación de los síntomas externos y tener en cuenta las características del lote como canales de drenaje, para poder dar una correcta identificación de la enfermedad.

El clúster tres con dos palmas corresponde al 2,33% de la población total, en donde se agruparon las siguientes variables y categorías (Tabla, 20, Figura 15).

Tabla 20. Variables y categorías agrupadas en el clúster 3.

Variables	Categorías	% del grupo en la categoría
HOJAS	SOH-SAsc-CHN-HSPA	25,00
ESTIPITE	CAE-ZRE-GS-LCO	100,00

SOH: Secamiento ordenado de hojas; SAsc: Secamiento ascendente; CHN: Clorosis hojas nuevas; HSPA: Hojas superiores con puntas afectadas; CAE: Coloración amarilla en estípites; ZRE: Zonas rojizas en estípites; GS: Galerías causadas por *Strategus*; LCO: Lesiones con olor fétido.

CLÚSTER 3

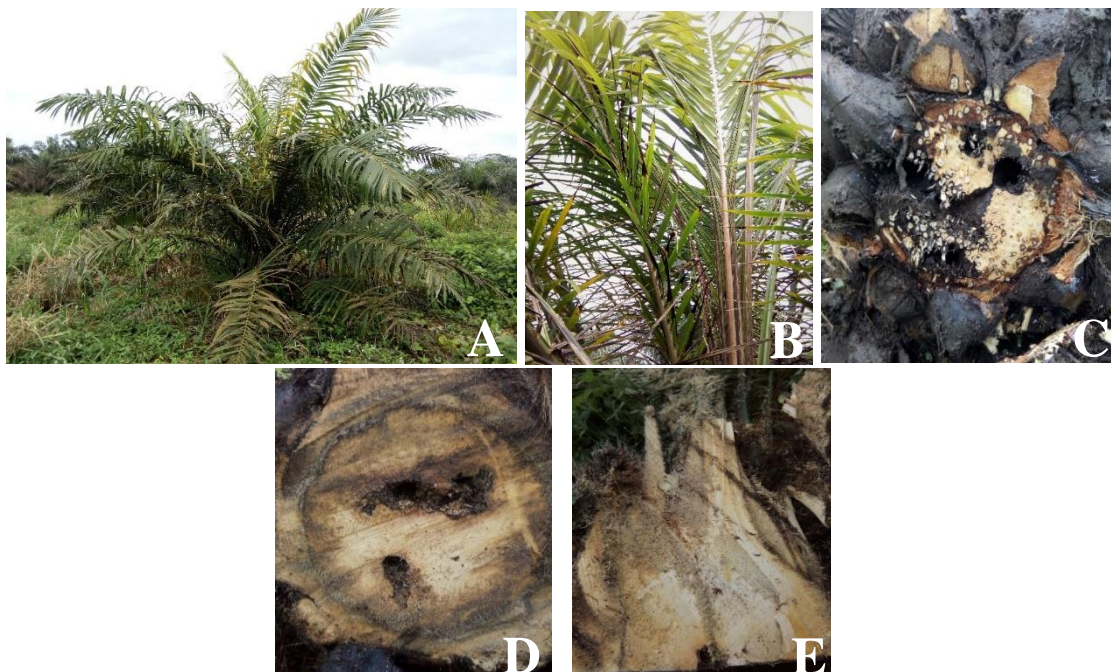


Figura 15. A: SOH-SAsc-CHN; B: HSPA; C: GS; D: LCO; E: CAE-ZRE.

Se presenta a continuación una comparación de algunas características agrupadas en este clúster, que son similares a las descritas por varios autores en la caracterización de la

enfermedad (Tabla 21).

Tabla 21. Reportes de varios autores en la caracterización de enfermedades.

Enfermedad	Autor(es)	Característica
Pudrición de Estípite	Cenipalma (2016)	Galerías causadas por <i>Strategus aloeus</i> , puerta de entrada para microorganismos
	Idris (2013)	Clorosis y hojas superiores con puntas afectadas
	Albertazzi (2017)	Lesiones con olor fétido

Según los reportes de los autores anteriormente citados, los síntomas agrupados en este clúster corresponden con una probabilidad alta a una pudrición de estípite. Se recomienda seguir estudiando las palmas que presenten estas características y hacer un monitoreo más estricto a la plaga *Strategus aloeus*.

En el anexo cinco, se muestran las características que no fueron agrupadas en los clúster, debido a su baja frecuencia de observación o alta variabilidad.

Muestreo de raíces



Figura 16. Nematodo visto a un aumento de 40X.

El análisis de raíces que se realizó para observar la presencia de protozoarios flagelados resultó como una prueba negativa al no encontrarse en las 86 palmas evaluadas; sin embargo, en una palma, se observó la presencia de nematodos en las raíces (Figura 16).

Bursaphelenchus cocophilus causante de la enfermedad conocida como anillo rojo (AR) en palma de aceite, es de distribución genérica en los tejidos parenquimatosos del tallo, pecíolos y raras veces en las raíces (Blair, 1970; Sáenz 2005). En referencia a los llanos Orientales, Cuthbert (1993), asegura que la densidad de individuos de *B. cocophilus* en su gran mayoría se encuentran en las axilas de las hojas, raquis, inflorescencias, pero en ninguna ocasión en

las raíces, provocando confusiones cuando se presentan este tipo de casos. Por lo anterior y por no tener cierta exactitud de que este nematodo observado sea *B. cocophilus*, no se puede asegurar que este organismo sea el causante de la sintomatología externa e interna de esta palma. En el (ANEXO 4) se muestra las características externas e internas que presentó la palma afectada.

Temperatura Infrarroja. Se realizó una prueba de “t” de Student de comparación de muestras independientes, mostrando los siguientes resultados (Tabla 22).

Tabla 22. Comparación de medias mediante una prueba de t.

Valor	Estado					
	Enferma			Sana		
	TAB	Tir	Dif	TAB	Tir	Dif
n	26	26	26	25	25	25
Media	33,68	30,75	-2,70	33,58	28,96	-4,56
Desv	1,93	1,36	1,52	1,95	1,36	1,41
p-valor	0,8538	<0,05**		0,8538	<0,05**	

Desv: Desviación estándar; TAB: Temperatura ambiental; Tir: Temperatura infrarroja; Dif: Delta con el ambiente; **Altamente significativo

La temperatura infrarroja y la diferencia o el delta con el ambiente presentaron diferencias estadísticas altamente significativas para ambos grupos de palmas. Las palmas evaluadas con síntomas de marchitez presentaron una mayor temperatura, siendo la temperatura infrarroja y la diferencia de 30,75 y -2,70°C y las palmas aparentemente sanas presentaron 28,96 y -4,56°C, presentando una diferencia entre los dos grupos de 1,79°C. Estos resultados son similares a los encontrados por Cayón *et ál.* (2007), Romero (2012) y Arango *et al.* (2017) quienes encontraron que las palmas enfermas muestran valores superiores a 31°C y las palmas aparentemente sanas en valores por debajo de 29°C.

Romero *et al.* (2006), explican que la enfermedad marchitez letal causa un desbalance en las relaciones hídricas de la palma, ocasionando cierre de estomas y menor transpiración, que van a resultar en la inhabilidad para bajar la temperatura de la hoja y como consecuencia habrá un alza en la temperatura. Sin embargo, como hemos tratado anteriormente en este artículo, es posible que se hayan observado varias enfermedades en los casos evaluados, así que el aumento de temperatura no necesariamente es variable para una sola enfermedad. Por lo tanto, esta medición se convierte en una herramienta importante si se realiza un

seguimiento a la temperatura infrarroja y la diferencia con la temperatura ambiental a aquellas palmas enfermas que aún no expresen algún tipo de síntoma, con miras al diagnóstico temprano de enfermedades.

Peso húmedo, peso seco, densidad aparente y porcentaje de humedad- Estípite. Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y pruebas de Duncan para las variables densidad aparente y porcentaje de humedad. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas en la variable peso húmedo y diferencias significativas en la variable porcentaje de humedad entre las cuatro plantaciones (Tabla 23).

Tabla 23. Análisis de varianza para valores de porcentaje de humedad, densidad aparente, peso húmedo y seco.

PLANTACIÓN	Valor	% HUMEDAD	DENSIDAD	PESO HÚMEDO	PESO SECO
Guaicaramo	Media	76,19 ab	0,2 a	109,07 c	26,05 A
	D.E.	7,31	0,06	2,83	8,17
P. Casanare	Media	76,55 ab	0,18 a	102,08 b	23,92 A
	D.E.	6,53	0,05	4,38	6,52
P. Maracos	Media	78,13 b	0,16 a	97,5 a	21,33 A
	D.E.	3,13	0,02	0,5	3,06
P. Oriente	Media	69,93 a	0,23 a	100,95 ab	30,45 A
	D.E.	3,93	0,04	3,52	4,91
p-valor		0,0311	0,0741	<0.05**	0,065

Números con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$); **: Altamente significativos

El peso húmedo y el porcentaje de humedad fueron las variables que presentaron diferencias significativas entre plantaciones, sin embargo, como se muestra en la tabla tres, muchos aspectos pudieron incidir en la variabilidad de estos datos, como: las épocas del año donde fueron tomadas las muestras, materiales, edades de siembra. Se recomienda tener en cuenta para próximos trabajos, además, las características físicas del suelo.

Incidencias y tasas de desarrollo de los casos asociados a Marchitez. Se estimó la velocidad de desarrollo de la enfermedad (r) a partir de un modelo logístico generado en función de la ecuación de crecimiento exponencial (Tabla 24).

Tabla 24. Incidencias y tasas de desarrollo de las tres plantaciones estudiadas.

Plantación	Bloque	Parcela	Hectáreas	No. de Palmas	2017		2018	
					Incidencia Acumulada	Tasa de desarrollo (<i>r</i>)	Incidencia Acumulada	Tasa de desarrollo (<i>r</i>)
GUAICARAMO	7	1	30,8	4.408	0,36	0,0017	1,54	0,0009
GUAICARAMO	7	2	42,8	6126	0,11	0,0004	0,6	0,0004
GUAICARAMO	7	3	34,3	4911	0,02	0	0,22	0,0002
GUAICARAMO	7	4	40,2	5752	0,1	0,0002	0,24	0,0001
GUAICARAMO	7	5	44,5	6368	0,05	0,0002	0,36	0,0003
GUAICARAMO	7	6	39,4	5645	0,16	0,0004	1,93	0,0017
GUAICARAMO	7	7	41,8	5983	0,87	0,0028	2,12	0,001
GUAICARAMO	7	8	9,6	1371	0,51	0,0015	1,31	0,0004
GUAICARAMO	340	1	22,5	3222	0,47	0,0005	2,45	0,002
GUAICARAMO	340	2	29,8	4257	0,42	0,0005	0,59	0,0002
GUAICARAMO	340	3	20	2864	0,03	0	0,17	0,0001
GUAICARAMO	340	4	17,9	2562	0,08	0	0,2	0,0001
GUAICARAMO	340	5	23,5	3365	0,06	0	0,33	0,0003
GUAICARAMO	340	6	20,4	2919	0,21	0,0002	0,38	0,0002
GUAICARAMO	340	7	14,4	2061	0,15	0,0001	0,24	0,0001
GUAICARAMO	340	8	15,1	2160	0,05	0,0001	0,23	0,0002
GUAICARAMO	340	9	6,2	893	0,22	0,0002	0,34	0,0001
GUAICARAMO	340	10	14,3	2051	0,05	0	0,15	0,0001
GUAICARAMO	340	11	22,8	3258	0,03	0	0,09	0,0001
GUAICARAMO	340	12	6,9	992	0,2	0,0005	0,4	0,0002
GUAICARAMO	340	13	17,5	2509	0,12	0,0001	0,24	0
GUAICARAMO	340	13	35,1	5018		0	0,04	0
GUAICARAMO	340	14	28,1	4020	0,22	0,0003	0,35	0,0001
GUAICARAMO	340	14	56,2	8040		0	0,02	0
GUAICARAMO	340	15	4,3	614	0,49	0,0008	0,65	0,0002
GUAICARAMO	340	16	25,8	3693	0,11	0,0001	0,38	0,0002
GUAICARAMO	340	17	25,6	3658	0,19	0,0003	0,55	0,0004
GUAICARAMO	340	18	16,5	2360	0,13	0,0002	0,34	0,0002
GUAICARAMO	340	19	17,3	2478	0,08	0,0001	0,2	0,0001
GUAICARAMO	340	20	7,2	1030	0,29	0	0,97	0,0007
GUAICARAMO	340	21	8,6	1228	0,98	0,0018	2,2	0,0012
GUAICARAMO	340	22	25,3	3613	0,08	0,0001	0,3	0,0002
GUAICARAMO	340	23	29,1	4157	0,05	0	0,07	0
GUAICARAMO	340	24	7,4	1057	1,51	0,0029	2,84	0,0014
GUAICARAMO	340	25	4,5	642	1,09	0,001	2,18	0,0011
GUAICARAMO	340	26	30,2	4317	0,19	0,0002	0,51	0,0003
GUAICARAMO	340	27	21,8	3117	0,26	0,0003	0,74	0,0004
GUAICARAMO	340	28	13,8	1976		0	0	0,001
P. CASANARE	D	23R	22,6	3420	0,35	0,0008	9,91	0,3442
P. CASANARE	E	21R	24	1796	31,07	0,4901	95,82	0,3563
P. CASANARE	E	28R	23,9	3265	0,28	0,0004	5,08	0,2452
P. ORIENTE	14	4	26,8	3826		0	2,3	0,0023
P. ORIENTE	14	5	23,3	3337		0	3,24	0,0033

La parcela seis y siete del bloque siete fueron las más afectadas por la enfermedad, con incidencias acumuladas del 1,93 y 2,12 respectivamente; así mismo la velocidad de desarrollo de la enfermedad fue la más importante en estos sectores (0,0017 y 0,0010 Unidades por año⁻¹); Así mismo en el bloque 340 de la misma plantación, las áreas que presentaron la mayor velocidad de casos fueron la parcela uno y 24, con incidencias acumuladas a noviembre de 2018 de 2,45 y 2,84 respectivamente, la tasa de desarrollo en estos sectores fue de 0,0020 y 0,0014 Unidades por año⁻¹. En la plantación Palmar del

Oriente, el área que presentó mayor número de casos fue el bloque 14, parcela cinco, con una incidencia acumulada a noviembre de 2018 del 3,24%, mientras que la tasa de desarrollo en el mismo sector fue de 0,033 Unidades por año⁻¹. Finalmente, en la plantación Palmas de Casanare el sector con mayor número de casos con marchitez fue el bloque E, parcela 21R, el cual presentó un 95,8% de incidencia acumulada a noviembre de 2018; para este lote la velocidad de desarrollo en el mismo período fue de 0,3563 Unidades por año⁻¹.

Arango *et al.* (2011) definieron rangos de acuerdo con las tasas de desarrollo de la enfermedad ML, siendo (Tabla 25).

Tabla 26. Rangos de las tasas de desarrollo.

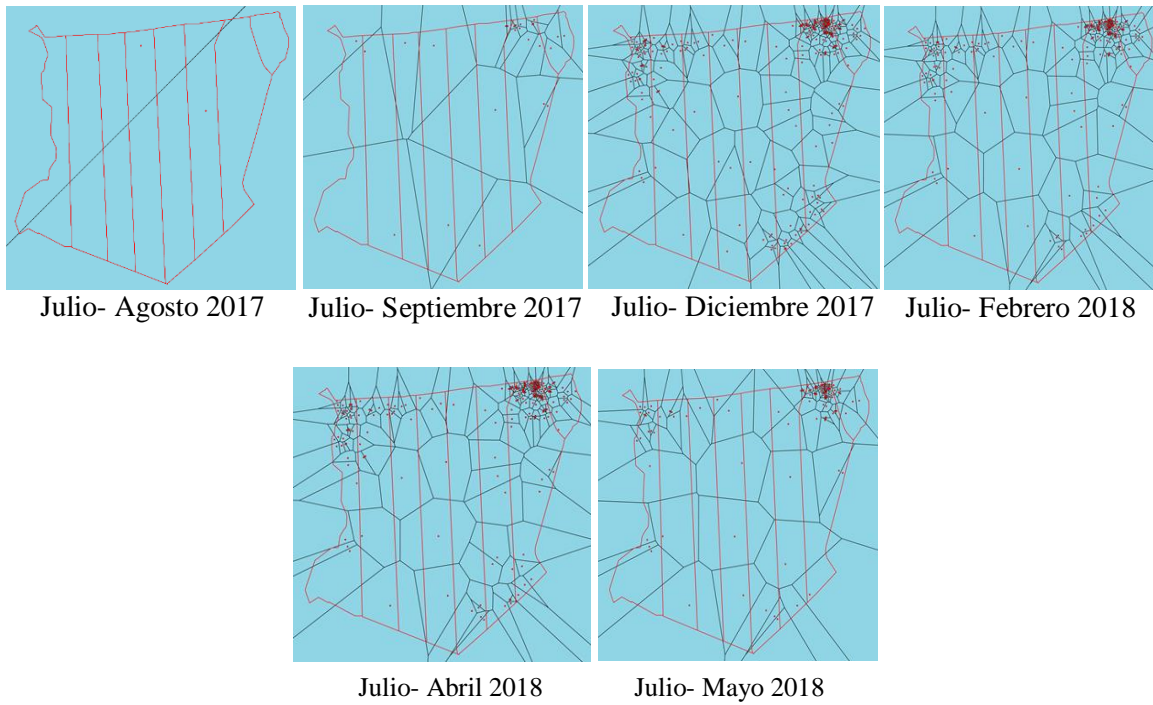
Tasa de desarrollo	Rango
Alta	>0.030*
Media	0.0010-0.029*
Baja	0.0005- 0.0009*

*Unidades por año⁻¹

De acuerdo con estos rangos, el bloque 14 parcela cinco de la plantación Palmar de Oriente con 0,033 unidades por año⁻¹ presenta una tasa de desarrollo de la enfermedad alta, por lo que se recomienda ser más rigurosos con algunas prácticas de manejo (Erradicaciones oportunas, censos sanitarios, aplicación de pesticidas). El bloque 21R de la plantación Palmas del Casanare con 0,3563 unidades por año⁻¹ presentan una tasa de desarrollo de la enfermedad desmedida, por lo que se recomendaría una erradicación total del lote. Los demás lotes evaluados, presentan tasas de desarrollo de enfermedad bajas, aun así, se deben seguir interviniendo con todas las estrategias de manejo propuestas por cada plantación.

Modelación de la distribución espacial de los casos de marchitez - Guaicaramo. Se observó un comportamiento agregado; en los cuales se formaron focos a partir de los reportes mensuales de casos asociados a la Marchitez identificada en estos sectores de la plantación. El estudio se llevó hasta el mes de marzo del 2018 (Figura 17).

BLOQUE 7- Distribución de casos y polígonos de Thiessen



BLOQUE 340-Distribución de casos y polígonos de Thiessen.

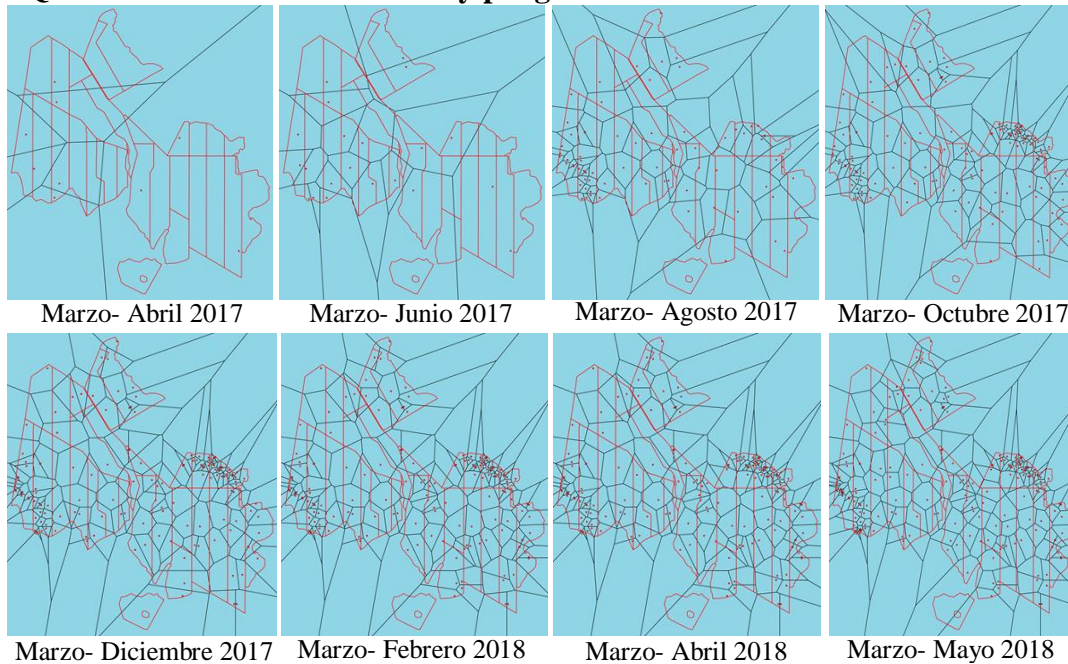


Figura 17. Distribución espacio temporal de dos bloques de la plantación Guaicaramo.

El uso de la información generada por los polígonos de Thiessen, mostró una buena aproximación para el análisis de patrones geospaciales y pueden usarse en el manejo de enfermedades, dado que proporcionaron una información muy valiosa al lograr predecir desde ocho meses antes (Septiembre 2017) para el caso del bloque 7 y desde 10 meses antes

(Agosto 2017) para el caso del bloque 340, que ocurriera la coalescencia de los focos las posibles zonas de mayor actividad de la enfermedad, lo cual permitirá generar análisis o estudios de riesgo o alerta temprana.

4. CONCLUSIONES

La asociación de los síntomas resultante del análisis de clasificación jerárquica (Clúster), mostró diferentes disturbios, los cuales presentaron similitud en algunas características. Por lo que es de gran importancia realizar una correcta y estricta identificación y seguimiento de los síntomas asociados a marchitez, ya que se pueden generar confusiones y malos diagnósticos.

La termometría infrarroja y la información generada por los polígonos de Thiessen son herramientas importantes que pueden utilizarse en la identificación temprana y manejo preventivo de enfermedades.

Se hace urgente validar muchas de las características descritas hasta el momento en las enfermedades de la palma de aceite y realizar estudios de patogenicidad con la finalidad de tener cierta certeza en el diagnóstico de enfermedades.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, N., Buriticá, P., García, J., Galvis, N. (2000). Valoración económica de las pérdidas en aceite generadas por la Pudrición de Cogollo en los Llanos Orientales de Colombia. *Revista PALMAS*. 21(2): 53-54.
- Acosta, A.; Calvache, H. (2001). Una marchitez vascular, nueva enfermedad de la palma de aceite. Ceniavances no. 85, Bogotá: Cenipalma. 4p.
- Albertazzi, H. (2017). Pudriciones basales del estípite en palma aceitera. Recuperado de <https://docplayer.es/72152861-Pudriciones-basales-del-estipite-en-palma-aceitera-ing-agr-hector-albertazzi-l-msc-proteccion-de-cultivos.html>.
- Arango, M., Castaño, J., Bustillo, A. (2011). Epidemiología de la Marchitez Letal (ML) de la palma de aceite en Colombia. Recuperado de http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Cenipalma/posteres-rt-nacional/2_Mauricio_Arango_Epidemiologia_de_la_Marchitez_letal.pdf
- Arango, M., Hernández, D., Bustillo, A., Beltrán, J. (2017). Termometría infrarroja

- como un método de diagnóstico temprano de palmas afectadas por la marchitez letal. Recuperado de http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Cenipalma/posteres-rt-nacional/17_Termometriainfrarroja_como_metodo_diagnostico_temprano_de_ML.pdf.
- Arango, M., Rairán, N., Martínez, G., Beltrán, J. (2011). Reconocimiento y manejo de la Marchitez letal (ML) en palma de aceite. Recuperado de https://issuu.com/fedepalma/docs/gui__a_de_marchitez_letal_.
- Bécue, M. (2005). Manual de introducción a los métodos factoriales y clasificación con SPAD. Recuperado de <http://sct.uab.cat/estadistica/sites/sct.uab.cat.estadistica/files/manualSPAD.pdf>
- Blair, GP. (1970b). Studies on red ring disease of coconut palm. *Oleagi neux* 25: 79-83.
- Cayón, G; Avellaneda, C; Rodríguez, F. (2007). Aspectos fisiológicos asociados a la Marchitez letal de la palma de aceite. *PALMAS*. 28: 373 - 381
- Castaño, J. (2002). Principios básicos de fitoepidemiología, Manizales, Colombia: Editorial Universidad de Caldas. 396 p.
- Cenipalma. (2016). Guía de bolsillo para el reconocimiento y manejo de las principales enfermedades e insectos plaga en el cultivo de la palma de aceite. Bogotá: CENIPALMA. 4p.
- Cuthbert, J. (1993). *Rhadinaphelenchus cocophilus* (Cobb) y la palma de aceite en los Llanos Orientales de Colombia. *PALMAS*. 14(2): 23-44.
- Corley R.V.H.; Gray, B.S.; NG. S.K. (1971b). Productivity of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Malaysia. *Experimental Agriculture* (Reino Unido) .7: 129-136.
- Cornaire, B. (1994). Comportamiento de la palma de aceite bajo estrés hídrico. *Revista PALMAS*. 15(3): 61-64.
- Elliott, M. (2010). Marchitez vascular causada por *Fusarium oxysporum*. *Revista PALMAS*. 31(1): 367-375.
- Etxeberría, J., Garcia, E., Gil, J., Rodríguez, G. (1995). Análisis de datos y textos. Madrid: Rama. 372 p.
- Fedepalma. (2018b). La palma de aceite en Colombia. Recuperado de <http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/semanario->

palmero/publicaciones/Infograf%C3%ADa%20Colombia%202018%20en%20espa%C3%B1ol_baja.pdf.

- Fedepalma. (2018). Sistema de información estadística del sector palmero. Recuperado de <http://sispa.fedepalma.org/sispaweb/>
- Franqueville H., Diabatés. (1995). La fusariose du palmier á huile en Afrique de l'Ouest. *Plantations, recherche, développement*. 2(4): 5-13.
- Hormaza, P., Forero, D., Ruiz, R., Romero, H. (2011). *Fenología de la palma de aceite africana (Elaeis guineensis Jacq.) y del híbrido interespecífico (Elaeis oleífera [Kunt] Cortes x Elaeis guineensis Jacq.)*. Bogotá: Cenipalma. 13 p.
- Idris, A.S. (2013). Current Status of R&D on Ganoderma Disease in Malaysia. *PALMAS*, 34 (1): 100-116.
- Marguilis, L., Sagan, D. (2017). El proceso de nutrición en las plantas. Recuperado de <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448180895.pdf>
- Martins, H.E. (1990). Contribuicao ao conhecimento sobre "pudrición de cogollo" PC de palma africana en Colombia. Brasil: Empresa brasileira de pesquisa agropecuaria. Mimeografiado sin publicar. 14p.
- Nieto, L. (1992). Síntomas y evolución del complejo pudrición de cogollo de la palma de aceite en los Llano Orientales de Colombia. *Revista PALMAS*. 13(2): 68-73.
- Nieto, L. (1994). Pudrición basal del tallo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) causada por *Ganoderma* sp. *PALMAS*. 15 (2): 31 - 38.
- Renard. J., Quillec, 3. (1985). Enfermedades destructoras de la palma africana en el África y Suramérica. *PALMAS*. 6 (1): 9-17.
- Romero, H; Ayala, I; Navia, E. (2006). Alteraciones fisiológicas en palmas afectadas por la Marchitez Letal. Bogotá: Ceniavances, 140: 1-4.
- Romero, H. (2012). Uso de la temperatura foliar como indicador fisiológico temprano de la Marchitez Letal (ML) en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). Bogotá: Ceniavances, 170: 1-3.
- Sáenz, A. (2005). Aspectos generales e importancia del agente causal de anillo rojo. *PALMAS*. 26(2): 60-68.
- Sánchez, A. (1966). Enfermedades del algodonoero, del cocotero y de la palma africana en Colombia. *Acta Agronómica*, 16(1-2): 1-13.
- Sánchez, N., Fuentes, F., Torres, M., Rocha, P., Calvache, H., Gómez, P. (2003). La

marchitez letal no es la marchitez vascular africana causada por Fusarium.
Revista PALMAS, 24(4), 9-20.

Sierra, J. (2011). Tema 8 Análisis de correspondencias. Recuperado de
<https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/19616/1/tema8.pdf>

Turner, P. (1981). *Oil Palm Diseases and Disorders*. Kuala Lumpur: Oxford University Press, 297p.

ANEXO 1. MATRIZ DE SÍNTOMAS

MATRIZ DE SINTOMAS								
APARIENCIA GENERAL DEL FOLLAJE								
N. PALMA	SECAMIENTO ORDENADO DE LAS HOJAS	SECAMIENTO DESORDENADO DE LAS HOJAS	SECAMIENTO ASCENDENTE	SECAMIENTO DESCENDENTE	CLOROSIS EN LAS HOJAS NUEVAS	ACUMULACION FLECHAS	PUDRICIÓN FLECHA	HOJAS SUPERIORES CON PUNTAS AFECTADAS

MATRIZ DE SINTOMAS					
APARIENCIA GENERAL DE LOS FOLIOLOS					
N. PALMA	SECAMIENTO A PARTIR DEL APICE	SECAMIENTO A PARTIR DE LA BASE	SECAMIENTO PRECEDIDO DE COLORACION AMARILLA	ENTORCHAMIENTO DE FOLIOLOS A PARTIR DEL APICE Y POR LOS BORDES DEL FOLIOLO	SECAMIENTO DE FOLIOLOS RUDIMENTARIOS

MATRIZ DE SINTOMAS- FORMATO DIGITAL



BLOQUE			
7	8	9	C
4	5	6	<
1	2	3	.
0			+/-

PARCELA			
7	8	9	C
4	5	6	<
1	2	3	.
0			+/-

LINEA			
7	8	9	C
4	5	6	<
1	2	3	.
0			+/-

PALMA			
7	8	9	C
4	5	6	<
1	2	3	.
0			+/-

EVALUACIÓN
Evaluación 1
Evaluación 2
Evaluación 3

EVALUACIÓN 1
Aspecto general del follaje
Aspecto general de foliolos
Racimos-Frutos

ASPECTO FOLLAJE
<input type="checkbox"/> Secamiento ORDENADO
<input type="checkbox"/> Secamiento DESORDENADO
<input type="checkbox"/> Secamiento ASCENDENTE
<input type="checkbox"/> Secamiento DESCENDENTE
<input type="checkbox"/> CLOROSIS-Hojas nuevas
<input type="checkbox"/> ACUMULACIÓN FLECHAS
<input type="checkbox"/> PUDRICIÓN FLECHA
<input type="checkbox"/> H. SUP. PUNTAS AFECATADAS

ASPECTO FOLIOLOS
<input checked="" type="checkbox"/> Secamiento- APICE
<input type="checkbox"/> Secamiento- BASE
<input type="checkbox"/> Secamiento-Coloracion amarilla
<input type="checkbox"/> ENTORCHAMIENTO foliolos
<input type="checkbox"/> Secamiento-foliolos Rudimentari

RACIMOS-INFLORES
<input type="checkbox"/> Racimos PODRIDOS
<input type="checkbox"/> Inflorescencias PODRIDAS
<input type="checkbox"/> Pudrición basal+Desprendimiento
<input type="checkbox"/> Momificados+Desprendimiento

EVALUACIÓN 2
Aspecto general del follaje
Aspecto general de foliolos
Racimos-Frutos

ASPECTO FOLLAJE
<input type="checkbox"/> Secamiento ORDENADO
<input type="checkbox"/> Secamiento DESORDENADO
<input type="checkbox"/> Secamiento ASCENDENTE
<input type="checkbox"/> Secamiento DESCENDENTE
<input type="checkbox"/> CLOROSIS-Hojas nuevas
<input type="checkbox"/> ACUMULACIÓN FLECHAS
<input type="checkbox"/> PUDRICIÓN FLECHA
<input type="checkbox"/> H. SUP. PUNTAS AFECATADAS

ASPECTO FOLIOLOS
<input checked="" type="checkbox"/> Secamiento- APICE
<input type="checkbox"/> Secamiento- BASE
<input type="checkbox"/> Secamiento-Coloracion amarilla
<input type="checkbox"/> ENTORCHAMIENTO foliolos
<input type="checkbox"/> Secamiento-foliolos Rudimentari

RACIMOS-INFLOR
<input type="checkbox"/> Racimos PODRIDOS
<input type="checkbox"/> Inflorescencias PODRIDAS
<input type="checkbox"/> Pudrición basal+Desprendimiento
<input type="checkbox"/> Momificados+Desprendimiento

EVALUACIÓN 3
Raíces
Estado interno-Estípite

ASPECTO RAÍCES
<input type="checkbox"/> ABUNDANCIA raices
<input type="checkbox"/> ESCASES raices
<input type="checkbox"/> Raices SANAS
<input type="checkbox"/> Raices en MAL ESTADO

ASPECTO ESTÍPITE
<input type="checkbox"/> Coloración NORMAL
<input type="checkbox"/> Coloración AMARILLENTA
<input checked="" type="checkbox"/> Zonas ROJIZAS
<input type="checkbox"/> Zonas-Pudriciones SECAS
<input type="checkbox"/> Zonas-Pudriciones HUMEDAS
<input type="checkbox"/> GALERIAS-Strategus
<input type="checkbox"/> Lesiones-olor FÉTIDO
<input type="checkbox"/> Lesiones-SIN olor FÉTIDO

NOTA
Tap to edit

OBSERVACIONES
Tap to edit
Guardar y continuar
Guardar y salir

ANEXO 2. MATRIZ COLORACIÓN

FECHA DE OBSERVACIÓN	FECHA DE REVISIÓN	BLOQUE	PARCELA	LINEA	PALMA	TERCIO	COLOR 1	COLOR 2	COLOR 3	COLOR 4	CONSISTENCIA
						HTI					
						HTM					
						HTS					
						HTI					
						HTM					
						HTS					
						HTI					
						HTM					
						HTS					

ANEXO 3.

Cambio de tonalidad



Evaluación 1

CcCAV: Cafeclaro-Café-Amarillo-Verde



Evaluación 2

CcCVaVa: Cafeclaro-Café-Verdeamarillo-Verdamarillo

ANEXO 4.





ANEXO 5. CARACTERISTICAS OBSERVADAS NO AGRUPADAS EN LOS CLÚSTER.



Abundancia sistema radicular (ASR)

Escases sistema radicular (ESR)

Raíces sanas (RS)



Raíces mal estado (RME)

Lesiones sin olor fétido (LSO)

Zonas con pudriciones húmedas (ZPH)



Gris-Gris-Gris-Gris (GGGG)

Gris-Café-Verdeamarillo-Verdeamarillo (GCVaVa)

Gris-Café-Verde-Verde (GCVV)

Café claro-Café-Café-Café (cCCC)



Café claro-Café claro-Café claro-Café claro
(CcCcCcCc)



Verde-Verde-Verde-Verde
(VVVV)