

Índice de sostenibilidad en plantaciones de palma de aceite afectadas con Pudrición de Cogollo Magdalena, Colombia

Luz Janneth Cifuentes Alarcón¹

Resumen

En el departamento del Magdalena Colombia, se ha detectado la enfermedad de Pudrición del Cogollo (PC) en el cultivo palma de aceite causada por *Phytophthora palmivora*, siendo la enfermedad más limitante de este cultivo en Colombia, y en donde en la última década, ha afectado aproximadamente 89.000 hectáreas, lo que traduce una pérdida económica de USD 2.699 millones y 26.626 empleos directos e indirectos perdidos. El objetivo del trabajo fue determinar el Índice de Sostenibilidad en plantaciones afectadas por PC. El área de estudio fue el departamento del Magdalena y la población las plantaciones ubicadas en los municipios de Aracataca, Retén, Zona Bananera y Fundación con incidencia por PC. El diseño de la investigación fue no experimental-descriptivo. Se realizó un muestreo estratificado definiendo como estrato los tamaños de las plantaciones de la zona afectada. Se consideraron tres parámetros para aplicar el Índice de sostenibilidad: indicadores agronómicos, sociales y ambientales. Se evidenció que las incidencias de PC se encuentran estrechamente relacionadas con las Mejores Prácticas Agronómicas que se aplican en el cultivo ya que son determinantes para reducir las afectaciones de la enfermedad. Las prácticas ambientales se relacionaron con el manejo y uso del agua, siendo este recurso indispensable en el cultivo y determinante en la incidencia de la enfermedad. Las prácticas sociales no influyeron de manera directa en la incidencia de PC, apreciándose que la enfermedad se desarrolla en la relación patógeno-planta-medioambiente, no influenciada por las condiciones sociales del entorno del cultivo.

¹Universidad de Manizales. Centro de Investigación en Medio Ambiente y Desarrollo – CIMAD. Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas. Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Manizales- Colombia. janneth_cifuentes@hotmail.com

Palabras clave: condiciones ambientales, indicadores ambientales, indicadores económicos, indicadores sociales, manejo, medidas fitosanitarias, *Phytophthora palmivora*.

1. Introducción

La palma de aceite es un cultivo de ciclo largo, que es cultivado con fines productivos y comerciales. Inicia su producción aproximadamente entre dos a tres años. Logra rendimientos de aproximadamente 10 toneladas por hectárea en el inicio de su etapa productiva y los mayores rendimientos se obtienen entre los 8 y 10 años después del establecimiento de cultivo, manteniéndose hasta los 20 a 23 años posteriores con producciones entre 26 y 32 toneladas. La etapa productiva del cultivo está entre 24 y 28 años, pero puede mantenerse hasta los 40 años, aunque después de los 30 años la altura en la que la palma se encuentra hace difícil su cosecha de frutos (Fedepalma, 2017).

El departamento del Magdalena cuenta con un área sembrada en palma de aceite de 57.273 ha, las cuales producen 198.000 ton de aceite crudo de palma, representando un 16% de la producción nacional. Lo anterior, le permite al sector palmicultor aportar un 49,81% del PIB agrícola al departamento (Fedepalma, 2014). Se estima que los predios agrícolas con cultivos de palma de aceite generan alrededor de 104.000 empleos. Los cuales benefician a las comunidades que están en la actividad palmera con empleos directos relacionados con las actividades propias del cultivo y de beneficio y empleos indirectos que se derivan de las actividades intermedias y de servicios asociadas al cultivo (Fedepalma, 2017).

La Pudrición de Cogollo (PC) en la palma de aceite es causada por *P. palmivora*, y la responsable de la muerte de más de 14 millones de palmas en los últimos 10 años. Dependiendo de las condiciones ambientales y agronómicas la enfermedad puede expresarse de diferentes maneras siendo algunas mucho más agresivas que otras, situación que se presenta en municipios de departamento del Magdalena (Martinez, 2009). Como su nombre

lo indica es una enfermedad que afecta la zona del cogollo de la palma de aceite, es decir la zona comprendida entre la base externa de las flechas y la próxima a la región del punto de crecimiento de la palma (meristemo).

Los primeros síntomas incluyen manchas oscuras en los bordes de los folíolos de las flechas, estos folíolos se desflecan y muestran quemazones color café con bordes amarillos en la parte externa que descienden hasta el raquis y por este al cogollo. Las flechas que presentan estos síntomas toman un aspecto húmedo con olores desagradables (pudrición) muriendo y colapsando. Internamente en la zona del cogollo se observan líneas irregulares color café entre peciolos y raquis de flecha, que al abrirlos presenta manchas cafés con márgenes amarillos y con pudrición húmeda con consistencia blanda, estos daños casi siempre están acompañados por olores desagradables. Las lesiones entre peciolos de las flechas se presentan antes del amarillamiento de algunas hojas verdes, después alcanza a afectarse todas las hojas jóvenes que conforman el primer anillo (Nieto, 1992). Las lesiones iniciales son causadas por el microorganismo *P. palmivora*, seguidas por la invasión de otros organismos que agravan la situación, ya sea por el daño que ocasionan o por promover la predisposición a otras enfermedades. Este es el caso del insecto *Rhynchophorus palmarum*, que se alimenta y reproduce en los tejidos jóvenes de la palma, que quedan expuestos por el daño causado por *P. palmivora*, generando así la muerte de la palma (Palmasana, 2019).

A partir del año 2012, en el departamento del Magdalena en los municipios de Zona Bananera, Aracataca, Fundación y El Retén, se detectó la enfermedad PC en el cultivo palma de aceite. Esta enfermedad observada en la Zona Norte es similar a la evidenciada en la epidemia de PC en Tumaco y Puerto Wilches (Martínez, 2009). Desde el año 2015, se viene presentando un aumento significativo de palmas de aceite afectadas por la enfermedad en plantaciones de la zona, generando pérdidas importantes de áreas establecidas en cultivos de palma de aceite. Entre los impactos por PC en el departamento se encuentran un área afectada de 5.000 hectáreas, lo que traduce una pérdida

económica de USD 50,1 millones y 1.563 empleos directos e indirectos perdidos (SISPA – Cenipalma, 2019).

Colombia se enfrenta hoy al desafío que la sostenibilidad exige requiriendo trabajar de manera simultánea e integral las dimensiones económicas, sociales y ambientales, con lo cual se contemplan aspectos fundamentales de la sostenibilidad en las necesidades humanas con bienes y servicios de calidad y en cantidad suficiente; el mejoramiento de la calidad de vida con un enfoque de equidad, y una relación armónica entre los seres humanos y otros seres vivos (Espinoza et al., 2016).

Con respecto a la dimensión económica los costos de producción de palma de aceite en Colombia son en promedio, más altos que en otros países palmeros (Guterman, 2014). En el momento de evaluar la productividad donde se combina el volumen de aceite de palma producido por hectárea sembrada, Colombia tiene una significativa brecha de productividad comparado con otros países líderes en el mercado mundial de palma de aceite. De igual manera existe un alto riesgo fitosanitario del cultivo de palma en Colombia, especialmente por enfermedades como PC, Marchitez Letal (ML – Agente causal: No identificado) y Marchitez Sorpresiva (MS – Agente causal: *Phytomonas* sp.).

Para la dimensión ambiental, Colombia es uno de los pocos países megadiversos en el mundo por su abundancia y variedad de especies y ecosistemas, donde se plantea un reto y una oportunidad para el sector palmero de adelantar una actividad palmera en armonía con la conservación del patrimonio natural y la biodiversidad del país. Entre los grandes retos que se tienen para que se cree una palmicultura sostenible está la de afrontar la deforestación y transformación de ecosistemas naturales, el alto riesgo por cambio climático, la concentración de la actividad palmera y demanda de recursos naturales, implantación de un estricto marco legal y la limitada oferta de incentivos y otros mecanismos económicos para la conservación (González et al., 2011).

Y por último para la dimensión social, se tienen algunos retos en el fortalecimiento de este enfoque que son importantes superar como el conflicto

armado en el país que ha generado diferentes impactos sociales, los requerimientos legales en materia de tierras, igual que los requerimientos legales en asuntos laborales y cuestionamientos a las prácticas laborales en el país. También se incluye la sustitución de cultivos de pan coger por palma de aceite (Espinoza et al., 2016).

En la estimación de la sostenibilidad se utilizan indicadores, que son herramientas que permiten resumir y simplificar información de naturaleza compleja de una manera útil. Pueden ser numéricos o cualitativos y ponen de manifiesto el estado o condición de un proceso o fenómeno en relación con la sostenibilidad, permitiendo entender cómo evolucionan los procesos a través del tiempo (Sevilla, 1997). Además, es una herramienta de medición que permite establecer una línea base y hacer seguimiento del estado de una finca con respecto a una serie de buenas prácticas ambientales, sociales y económicas, orientadas a garantizar el cultivo (Hinestroza, 2019).

De acuerdo con lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar el Índice de Sostenibilidad para las plantaciones afectadas por esta enfermedad y analizar si el manejo del cultivo puede ser mejorado para dar sustentabilidad a esta actividad al conocer este índice.

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

El departamento del Magdalena está situado en el norte del país, en la región de la llanura del Caribe; cuenta con una superficie de 23.188 km² lo que representa el 2 % del territorio nacional. Limita por el Norte con el Mar Caribe, por el Este con los departamentos de La Guajira y Cesar, por el Sur y Oeste con el Río Magdalena, que lo separa de los departamentos de Bolívar y Atlántico.

2.2 Diseño metodológico

Se utilizó el arquetipo cuantitativo en el presente estudio, ya que este permite dar razón de manera fiable sobre las mejores prácticas agrícolas, ambientales y sociales del cultivo de la palma de aceite, en el departamento del Magdalena. Y se empleó un diseño metodológico no experimental transeccional correlacional, con el fin de hacer un estudio de la realidad en la región delimitada.

2.3 Población y muestra de estudio

La presente investigación utilizó como población total 439 plantaciones de palma de aceite, que cumplieran con el requerimiento de estar afectadas por PC en el departamento del Magdalena. Se tomó como variable trazadora el porcentaje de Incidencia de PC, siendo el indicador de la brecha existente en la implementación de las prácticas agrícolas, ambientales y sociales en los diferentes municipios.

La muestra se obtuvo con un muestreo aleatorio estratificado simple (Ospina, 2001). El muestreo se estratificó con respecto al tamaño de la plantación definiendo tres grupos disyuntos: grande para plantaciones mayores a 500 ha, mediana para plantaciones entre 50 y 500 ha, y pequeña para plantaciones inferiores a 50 ha. Luego de la estratificación, al interior de cada estrato se aplicó un muestreo aleatorio simple.

El error estándar asignado correspondió con el 5%, y la significancia utilizada fue de $\alpha=0,01$. Con base en el muestreo mencionado y la información de la población se definió que fueron necesarias 36 plantaciones para el estudio, distribuidas en sus diferentes estratos de acuerdo con las proporciones (2,50% de plantaciones grandes, 25,97% de plantaciones medianas y 71,53% de plantaciones pequeñas). La selección de las plantaciones se realizó de manera aleatoria, dentro de todas las existentes en la base de datos de Cenipalma (Tabla 1).

Tabla 1. Conformación de la muestra.

| Estratos | Información de la población | | Muestra de plantaciones (N°) |
|-----------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| | Plantaciones (N°) | Proporción (%) | |
| Pequeño | 314 | 71,53 | 24 |
| Mediano | 114 | 25,97 | 9 |
| Grande | 11 | 2,51 | 3 |
| Total | 439 | 100,00 | 36 |

La Tabla 2 presenta la manera en que se distribuyeron las plantaciones seleccionadas al interior de cada uno de los municipios.

Tabla 2. Distribución de las plantaciones por municipio.

| Municipio | Plantaciones (N°) | Porcentaje (%) | Tamaño de plantación |
|----------------------|--------------------------|-----------------------|---|
| Algarrobo | 1 | 2,78 | 1 grande |
| Aracataca | 8 | 22,22 | 7 pequeñas 1 mediana |
| Fundación | 1 | 2,78 | 1 pequeña |
| Pivijay | 1 | 2,78 | 1 mediana |
| Retén | 16 | 44,44 | 12 pequeñas 4 medianas 2 grandes |
| Zona Bananera | 9 | 25 | 3 medianas 4 pequeñas |
| Total | 36 | 100 | 3 grandes 9 medianas 24 pequeñas |

Una vez obtenida la información de las 36 plantaciones, se realizó la inferencia estadística sobre la población.

2.4 Instrumentos

Para la investigación se empleó una herramienta de medición basada en la metodología planteada por Hinestroza (2019), que permitió establecer una línea base con respecto a una serie de buenas prácticas agronómicas, ambientales y sociales, orientadas a garantizar la sostenibilidad del cultivo de

palma de aceite. Los indicadores que se tuvieron en cuenta fueron los siguientes:

2.4.1 Indicadores agronómicos. se consideraron seis parámetros como prácticas de manejo de suelo, labores de mantenimiento, gestión operativa, cosecha y producción, manejo en sanidad vegetal, manejo nutricional.

2.4.2 Indicadores sociales. los indicadores considerados fueron tenencia de la tierra y gestión social, relaciones con el entorno, formalización laboral del empleador, formalización laboral del empleado y Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo (SST).

2.4.3 Indicadores ambientales. se consideraron cuatro indicadores gestión integral recurso hídrico, gestión de la biodiversidad y servicios ecosistémicos, manejo y disposición adecuada de residuos y sustancias peligrosas, energía y emisión de gases de efecto de invernadero (GEI).

2.5 Determinación del Índice de Sostenibilidad

Para la determinación del Índice de Sostenibilidad, se fue directamente a las plantaciones seleccionadas y con ayuda del personal administrativo de las mismas se realizó la encuesta aplicando el formato de determinación del Índice de Sostenibilidad (Anexo 1). Los índices obtenidos fueron el resultado de la sumatoria de los datos logrados de Mejores Prácticas Agrícolas (MPA) que representa el 45% del índice total; Mejores Prácticas Ambientales (MPAM), que a su vez aporta el 25% y Mejores Prácticas Sociales (MPS) que contribuye con el 30% del total del índice.

Según la metodología de Hinestroza (2019) las plantaciones que presentan un Índice de Sostenibilidad menor al 40% no cumplen con los requisitos agrícolas, medioambientales y sociales necesarios para mantener la producción de aceite de palma sostenible, es decir, tiene un riesgo alto de desaparecer del negocio de palma de aceite, siendo cultivos poco tecnificados, poco amigables

con el medio ambiente y no socialmente justos. Las plantaciones entre el 41 y el 80% tienen un riesgo medio de mantenerse en el negocio y con muchas opciones de mejora desde los diferentes entornos ambientales, económicos y sociales. Y las plantaciones que tienen un Índice de Sostenibilidad mayor al 81% tienen un riesgo bajo, es decir, sus posibilidades de mantenerse en el negocio son mucho más altas y sus cultivos son mucho más tecnificados siendo sostenible en el ámbito agronómico, social y ambiental.

A partir de la información recuperada se identificaron tres tipos de variables, empleadas en los cálculos multivariantes. (i) Las variables activas que correspondieron con los aspectos que constituyen cada una de las tres dimensiones de interés (Mejores Prácticas Agrícolas, Mejores Prácticas Ambientales, Mejores Prácticas Sociales) (Tabla 3). Posteriormente, se buscó la correlación entre las variables activas y (ii) las suplementarias (Índice Total de Sostenibilidad, incidencia, hectáreas por plantación y número de palmas). Finalmente, se utilizó como (iii) variable explicativa el municipio que contó con seis categorías (Tabla 3), con el fin de aclarar las tendencias que presentó cada uno dentro del departamento del Magdalena.

Tabla 3. Variables según su intervención al interior de los cálculos multivariantes.

| Dimensión | Aspectos de interés | Código de variable/Categoría | Tipo de variable |
|--|---|-------------------------------------|-------------------------|
| Mejores Prácticas Agrícolas (MPA) | Prácticas para el manejo del suelo | MPA1 | Activas |
| | Labores de mantenimiento | MPA2 | |
| | Manejo nutricional | MPA3 | |
| | Manejo sanidad vegetal | MPA4 | |
| | Cosecha y producción | MPA5 | |
| | Gestión operativa | MPA6 | |
| Mejores Prácticas Ambientales (MPAM) | Gestión integral del recurso hídrico | MPAM1 | |
| | Gestión de la biodiversidad y servicios ecosistémicos | MPAM2 | |
| | Manejo y disposición adecuada de residuos y sustancias peligrosas | MPAM3 | |
| | Energía y emisiones de GEI | MPAM4 | |
| Mejores Prácticas Sociales (MPS) | Formalización laboral productor | MPS1 | |
| | Formalización laboral empleados | MPS2 | |
| | Sistema de gestión en seguridad y salud en el trabajo | MPS3 | |
| | Tenencia de la tierra y gestión social | MPS4 | |
| | Relacionamiento con el entorno social | MPS5 | |
| Otros aspectos de interés que no corresponden con | Índice total de sostenibilidad | ITS | Suplementarias |
| | Incidencia | In | |
| | Hectáreas por plantación | ha | |

| dimensiones (características de la plantación) | Palmas | P | Explicativas |
|--|-----------|---------------|--------------|
| | Municipio | Retén | |
| | | Zona bananera | |
| | | Aracataca | |
| | | Fundación | |
| | | Pivijay | |

Con el fin de encontrar las relaciones existentes entre las dimensiones de sostenibilidad y las características de las plantaciones al interior del departamento del Magdalena en sus diferentes municipios se realizó el Análisis de Componentes Principales (ACP). Todos los cálculos se realizaron con una significancia del 5% ($\alpha=0,05$) en el paquete estadístico XLstat 2014.

Así mismo, se determinó la idoneidad de aplicar los ACP confirmatorios a la información adquirida para cada una de las dimensiones, para lo cual se determinaron los estadísticos de *Esfericidad de Bartlett* y de *Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)*; donde con el primero se verificó que las variables estudiadas permitieran la aplicabilidad de los ACP; y finalmente con la segunda prueba se indicó el alcance explicativo de los resultados obtenidos.

Para el análisis estadístico de los ejes factoriales se tuvieron en cuenta solamente aquellos ejes factoriales por medio de los cuales se pudo explicar de manera idónea la relación existente entre los aspectos de sostenibilidad y las características de las plantaciones de los seis municipios. Luego de determinar el número de ejes factoriales, se determinaron sus respectivos valores propios, porcentaje de variabilidad explicado, y porcentaje de variabilidad acumulado.

De igual manera para hacer la explicación de las relaciones existentes, se hizo uso de los cosenos cuadrados, con el fin de determinar la calidad de la representación de cada una de las variables naturales en los nuevos componentes principales (ejes factoriales) obteniendo como valor representativo el más alto, y valor $>0,40$ de las cargas factoriales que otorga cada una de las variables en la conformación de los componentes principales para realizar de manera adecuada la interpretación.

3. Resultados y Discusión

3.1 Determinación del Índice de Sostenibilidad

Los resultados del Índice de Sostenibilidad permiten identificar que el 33,33% de las plantaciones tienen un índice comprendido entre 0 y 40%, entre los cuales están incluidas las plantaciones pequeñas de las zonas de Retén y Aracataca; el 44,44% de las plantaciones cuenta con un índice entre 40,1 y 80%, de las cuales el 6,25% corresponde a plantaciones grandes, el 25% a plantaciones medianas y el porcentaje restante (68,75%) a plantaciones pequeñas de los municipios de Zona Bananera, Retén y Aracataca. Y finalmente, el 22,22% de las plantaciones tiene un índice de sostenibilidad comprendido entre el 80,1 y 100%. De acuerdo con lo anterior, el 77,77% de las plantaciones evaluadas tiene un índice inferior al 80% con lo cual se puede interpretar que existe un potencial frente a las oportunidades de mejora e intervención que puede realizarse a las plantaciones en especial a las plantaciones pequeñas de los municipios de Aracataca, Retén y Zona Bananera. En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos para cada plantación evaluada en el departamento del Magdalena, en las cuales se resalta con color rojo las plantaciones con índices menores al 40%; el color amarillo indica las plantaciones con un índice entre 40,1 y 80% y el color verde resalta las plantaciones con índices superiores a 80,1%.

Tabla 4. Resultados obtenidos del Índice de Sostenibilidad de las plantaciones afectadas con PC de la zona del Magdalena

| Ítem | Código Plantación | Municipio | Mejores Prácticas Agrícolas | Mejores Prácticas Ambientales | Mejores Prácticas Sociales | Índice de Sostenibilidad |
|------|-------------------|---------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1 | PEQ-001 | Reten | 0,28 | 0,07 | 0,05 | 39,65 |
| 2 | GRN-001 | Algarrobo | 0,45 | 0,22 | 0,20 | 87,23 |
| 3 | GRN-002 | Zona Bananera | 0,27 | 0,12 | 0,23 | 61,35 |
| 4 | MED-001 | Zona Bananera | 0,38 | 0,20 | 0,23 | 81,30 |
| 5 | PEQ-002 | Reten | 0,28 | 0,09 | 0,07 | 43,53 |
| 6 | PEQ-003 | Aracataca | 0,04 | 0,06 | 0,07 | 15,70 |
| 7 | PEQ-004 | Aracataca | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 14,30 |
| 8 | MED-002 | Reten | 0,25 | 0,12 | 0,17 | 53,25 |

| | | | | | | |
|-----------|---------|---------------|------|------|------|--------------|
| 9 | PEQ-005 | Zona Bananera | 0,24 | 0,10 | 0,17 | 50,18 |
| 10 | MED-003 | Reten | 0,37 | 0,18 | 0,24 | 79,08 |
| 11 | MED-004 | Reten | 0,40 | 0,21 | 0,26 | 86,08 |
| 13 | PEQ-006 | Reten | 0,17 | 0,08 | 0,05 | 30,73 |
| 12 | PEQ-007 | Zona Bananera | 0,39 | 0,22 | 0,23 | 84,10 |
| 14 | PEQ-008 | Reten | 0,24 | 0,09 | 0,13 | 45,03 |
| 15 | PEQ-009 | Aracataca | 0,07 | 0,04 | 0,06 | 17,28 |
| 16 | PEQ-010 | Reten | 0,14 | 0,07 | 0,15 | 36,13 |
| 17 | MED-005 | Reten | 0,29 | 0,10 | 0,23 | 62,28 |
| 18 | PEQ-011 | Aracataca | 0,16 | 0,02 | 0,13 | 31,78 |
| 19 | PEQ-012 | Reten | 0,31 | 0,12 | 0,10 | 52,48 |
| 20 | PEQ-013 | Aracataca | 0,34 | 0,04 | 0,07 | 45,43 |
| 21 | PEQ-014 | Aracataca | 0,27 | 0,17 | 0,10 | 53,63 |
| 22 | PEQ-015 | Reten | 0,18 | 0,10 | 0,08 | 35,80 |
| 23 | PEQ-016 | Reten | 0,12 | 0,09 | 0,07 | 28,55 |
| 24 | PEQ-017 | Zona Bananera | 0,45 | 0,14 | 0,19 | 78,08 |
| 26 | PEQ-018 | Reten | 0,22 | 0,09 | 0,10 | 40,50 |
| 25 | PEQ-019 | Reten | 0,23 | 0,07 | 0,11 | 40,63 |
| 27 | MED-006 | Zona Bananera | 0,45 | 0,24 | 0,20 | 89,15 |
| 28 | GRN-003 | Zona Bananera | 0,43 | 0,19 | 0,25 | 87,35 |
| 29 | PEQ-020 | Reten | 0,39 | 0,12 | 0,22 | 72,98 |
| 30 | PEQ-021 | Fundación | 0,07 | 0,01 | 0,11 | 19,43 |
| 31 | PEQ-022 | Aracataca | 0,13 | 0,11 | 0,15 | 39,00 |
| 32 | MED-007 | Pivijay | 0,44 | 0,22 | 0,29 | 94,28 |
| 33 | MED-008 | Aracataca | 0,37 | 0,20 | 0,26 | 83,40 |
| 34 | PEQ-023 | Zona Bananera | 0,28 | 0,18 | 0,20 | 65,74 |
| 35 | MED-009 | Zona Bananera | 0,18 | 0,19 | 0,23 | 60,53 |
| 36 | PEQ-024 | Reten | 0,16 | 0,07 | 0,11 | 32,98 |

En los estadísticos de *Esfericidad de Bartlett y Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)*, los valores de probabilidad fueron inferiores a la significancia de la prueba (p -valor $< 0,05$), es decir, existe una correlación de cada una de las variables (Aspectos de sostenibilidad) con su entorno (Características de plantaciones). Los valores de KMO superiores a 0,70 indican que las variables que constituyen los análisis tienen relación y explican el fenómeno que se está dando, esto quiere decir que hay una explicación al fenómeno (incidencia de PC) con el ACP como se observa en los datos estadísticos obtenidos en la Tabla 5.

Tabla 5. Cifras de validación del uso del Análisis de Componentes Principales.

| Dimensión | P-valor en Esfericidad de Bartlett | Chi-Cuadrado (observado) | Valor de Kaiser-Meyer-Olkin |
|------------------|---|---------------------------------|------------------------------------|
| MPA | < 0,0001 | 124,5950 | 0,7977 |
| MPAM | < 0,0001 | 98,7231 | 0,7751 |
| MPS | < 0,0001 | 75,5755 | 0,7347 |

3.2 Factores favorables y limitantes en la adopción de tecnologías

3.2.1 Análisis de las Mejores Prácticas Agrícolas (MPA)

Para el análisis estadístico de las MPA se tuvieron en cuenta los ejes factoriales F1 – Prácticas para manejo de suelo, F2 – Labores de mantenimiento, F3 – Manejo nutricional, F4 – Manejo sanidad vegetal, F5 – Cosecha y producción y F6 – Gestión operativa. Los ejes factoriales F1 y F2 (Prácticas de manejo de suelo y Labores de mantenimiento) dan explicación al fenómeno que tiene mayor importancia en la relación interna de las MPA, ya que se obtuvo un porcentaje acumulado de explicación de la variabilidad total de un 79,92% como se observa en la Tabla 6.

Tabla 6. Ejes factoriales en los que se explica la variabilidad total de Mejores Prácticas Agrícolas.

| Ejes factoriales: | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Valor propio | 3,81 | 0,98 | 0,48 | 0,33 | 0,26 | 0,14 |
| Variabilidad (%) | 63,56 | 16,37 | 8,05 | 5,48 | 4,27 | 2,27 |
| % acumulado | 63,56 | 79,92 | 87,98 | 93,46 | 97,73 | 100,00 |

Para la relación de los cosenos cuadrados se tuvieron en cuenta los valores máximos, de esta manera se observó que tanto variables como categorías de la variable municipio en su mayoría se encuentran mejor representados en los ejes factoriales F1 y F2. Respecto al eje factorial F1, se observó que en él quedan mejor explicadas todas las variables de MPA, excepto MPA2, junto con todas las características de las plantaciones y los municipios Algarrobo, Zona

Bananera, Aracataca y Fundación; sin embargo, se observaron cargas factoriales inferiores a 0,4 para Algarrobo y Fundación, por lo cual no es idóneo tomar en cuenta estos municipios en la interpretación.

3.2.2 Análisis de las Mejores Prácticas Ambientales (MPAM)

Para este caso las variables activas de interés que se tuvieron en cuenta para MPAM fueron cuatro (F1 – Gestión Integral del recurso hídrico, F2 - Gestión de la biodiversidad y servicios ecosistémicos, F3 - Manejo y disposición adecuada de residuos y sustancias peligrosas y F4 - Energía y Emisiones de GEI). Los ejes factoriales F1 y F2 (Gestión Integral del recurso hídrico y Gestión de la biodiversidad y servicios ecosistémicos) dan explicación a la relación interna de las MPAM, ya que se obtuvo un porcentaje acumulado de explicación de la variabilidad total de un 88,74% como se observa en la Tabla 7.

Tabla 7. Ejes factoriales en los que se explica la variabilidad total de Mejores Prácticas Ambientales.

| Ejes factoriales: | F1 | F2 | F3 | F4 |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Valor propio | 3,14 | 0,41 | 0,34 | 0,11 |
| Variabilidad (%) | 78,38 | 10,35 | 8,44 | 2,82 |
| % acumulado | 78,38 | 88,74 | 97,18 | 100,00 |

Respecto al análisis de los cosenos cuadrados se observó que tanto variables como categorías de la variable municipio en su mayoría se encuentran mejor representados en los ejes factoriales F1 y F2. Con relación al eje factorial F1, se observaron que quedaban mejor explicadas todas las variables de Mejores prácticas ambientales (MPAM), junto con todas las características de las plantaciones (excepto la incidencia) y todos los municipios; sin embargo, se observaron cargas factoriales inferiores a 0,4 para Algarrobo, Pivijay y Fundación, por lo cual no se incluyeron estos municipios en la interpretación. Por otra parte, para el eje factorial F2 se puede decir que en él se encuentra bien representada la incidencia.

3.2.3 Análisis de las Mejores Prácticas Sociales (MPS)

Se tomaron cinco variables activas para el análisis para MPS (F1 - Formalización Laboral Productor, F2 - Formalización Laboral Empleados, F3 - Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo, F4 - Tenencia de La Tierra y Gestión Social y F5 - Relacionamiento con el entorno social). Se seleccionaron los ejes factoriales F1 y F4 ya que se obtuvo un porcentaje acumulado de explicación de la variabilidad total de un 65,59% como se observa en la Tabla 8. Es decir, los dos ejes factoriales dan explicación al fenómeno que tiene mayor importancia en la relación interna de las MPS.

Tabla 8. Ejes factoriales en los que se explica la variabilidad total de Mejores Prácticas Sociales.

| Ejes factoriales: | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Valor propio | 2,90 | 1,00 | 0,56 | 0,38 | 0,16 |
| Variabilidad (%) | 58,03 | 20,04 | 11,19 | 7,56 | 3,18 |
| % acumulado | 58,03 | 78,07 | 89,26 | 96,82 | 100,00 |

Se observó con el análisis de cosenos cuadrados que tanto variables naturales como categorías de la variable municipio en su mayoría se encontraron mejor representados en los ejes factoriales F1 y F4. Así mismo se observó que en el eje factorial F1, queda mejor explicada todas las variables de MPS, excepto MPS4, junto con el ITS y las variables que dan razón del tamaño de las plantaciones, además con los municipios de Reten y Zona Bananera.

3.3 Identificación de alternativas sostenibles para la mitigación de la PC

3.3.1 Alternativas sostenibles: Mejores Prácticas Agrícolas (MPA)

Para este componente se tuvieron en cuenta seis variables: prácticas para manejo de suelos (MPA1); labores de mantenimiento (MPA2); manejo nutricional (MPA3); manejo sanidad vegetal (MPA4); cosecha y producción (MPA5) y gestión operativa (MPA6). Según los análisis estadísticos se observó que la mayoría de las actividades agrícolas se relacionaron entre sí (excepto las labores de mantenimiento), produciendo un aumento en el Índice Total de Sostenibilidad (ITS), siendo indirectamente proporcionales para la Incidencia de

Pudrición de Cogollo, es decir mientras los indicadores de MPA e ITS aumentaron, disminuyó la incidencia de Pudrición de Cogollo.

Se observó que la actividad más influyente en el aumento del ITS se representa en el Manejo nutricional (MPA3), permitiendo interpretar que la presencia de desbalances nutricionales entre macro y micronutrientes influyen en el aumento y severidad de la PC. Las condiciones químicas, físicas y nutricionales del suelo pueden modificar la relación planta-patógeno a favor del desarrollo de la enfermedad, por esta razón pueden considerarse como factores predisponentes para la PC (Munévar et al., 2001). Por esto la importancia de tener un plan nutricional que supla las necesidades de la palma tanto de elementos mayores como de menores, desde el establecimiento del cultivo hasta fin de su etapa productiva, evitando la manifestación de desbalances nutricionales.

Otra de las actividades que influyeron en el aumento del ITS y la disminución de la incidencia de PC, correspondió con las Prácticas de manejo de suelos (MPA1), en las cuales se apreció que el mejoramiento en la preparación de suelos, métodos de siembra y mejoramiento de red de drenajes ayudaron a disminuir el impacto que tiene la PC en las plantaciones de palma de aceite. Suelos compactos, mal drenaje, lenta conductividad hidráulica saturada en el suelo y altas concentraciones de arcilla en los horizontes superficiales del perfil han sido las condiciones mejor relacionadas con focos de la enfermedad (Acosta et al., 1996). Cuando ocurren problemas de drenaje interno y externo, suelos compactados que presentan resistencia a la penetración suelen ser altamente susceptibles a ataques de PC.

Así mismo, el Manejo de la sanidad vegetal (MPA4), es otro factor que se relaciona directamente con aumento del ITS e indirectamente con la incidencia de PC. Al tener un grupo fortalecido en temas de reconocimiento de plagas y en especial de enfermedades y un programa de manejo fitosanitario (MIPE), se puede realizar una detección oportuna y por consiguiente una intervención inmediata de los problemas que requieran solución, disminuyendo la aparición

de focos fitosanitarios que se conviertan en problemas mayores, como es el caso de las palmas afectadas con PC.

Para este componente la única variable que no influyó en la disminución de la incidencia de la PC correspondió a las labores de mantenimiento (MPA2). Cabe notar que labores de mantenimiento tales como la limpieza de interlíneas, de platos, la disposición de las hojas cortadas y acomodadas ayudan a agilizar las labores entre el cultivo y a despejar las áreas de trabajo, más no influyen de manera directa en la disminución de la PC en el cultivo, además de no constituir una solución definitiva para controlar la enfermedad. Adicionalmente, se ha identificado que la severidad de la PC incrementa el costo de las labores agronómicas como: limpieza de platos en forma manual, mecánica o química en 100%, podas en 50% del valor por palma y riego en 100% (Santacruz et al., 2004).

3.3.2 Alternativas sostenibles: Mejores Prácticas Ambientales (MPAM)

De acuerdo con este componente se tuvieron en cuenta cuatro variables: gestión integral del recurso hídrico (MPAM1); gestión de la biodiversidad y servicios ecosistémicos (MPAM2); manejo y disposición adecuada de residuos y sustancias peligrosas (MPAM3) y energía y emisiones de gases de efecto invernadero (MPAM4). En este caso se observó poca relación entre los subcomponentes y la incidencia directa sobre la PC. Solo uno de los factores relacionado con las Mejores Prácticas Ambientales, se encontró relacionado directamente con la disminución de la PC. Es decir, mientras este factor aumentó con un consiguiente aumento del ITS, disminuyó la incidencia de la PC.

En este caso, el factor que más influyó fue la gestión integral del recurso hídrico (MPAM1), ya que en el cultivo de la palma de aceite un manejo eficiente del agua es indispensable para realizar un control efectivo de la PC. Es necesario evitar los excesos de agua en el cultivo durante las épocas de mayor precipitación, este exceso de agua predispone a la aparición de la enfermedad, al causar estrés en la palma, promueve humedades relativas más altas, reduce

las posibilidades de recuperación de las palmas y sirve de medio de diseminación de las zoosporas de *P. palmivora* responsables de iniciar las infecciones de la enfermedad (Drenth y Guest, 2013). De igual manera, proporcionar al cultivo una aplicación efectiva del agua y determinar los momentos más oportunos para la aplicación del riego, evita que se presenten las condiciones climáticas favorables y se reduzcan las oportunidades para que se comience un proceso infectivo de la enfermedad.

Así mismo, si bien los factores gestión de la biodiversidad y servicios ecosistémicos (MPAM2), manejo y disposición adecuada de residuos y sustancias peligrosas (MPAM3) y energía y emisiones de gases de efecto invernadero (MPAM4) no tienen un efecto directo sobre la incidencia de PC, si no se tienen en cuenta en temas de sostenibilidad podría no darse una oportunidad para el sector palmero colombiano de adelantar una actividad agrícola palmera en pro con la conservación del patrimonio natural y la diversidad del país. De igual manera, siendo Colombia un país vulnerable al cambio climático, una buena parte de los cultivos del territorio podrían verse afectados por las modificaciones en las condiciones climáticas, disminuyendo para el caso de palma de aceite, las tierras aptas para siembra y establecimiento y por consiguiente la agroindustria de esta, viéndose afectada la producción de aceite de palma sostenible.

3.3.3 Alternativas sostenibles: Mejores Prácticas Sociales (MPS)

Según este componente se tuvieron en cuenta cinco variables: formalización laboral del productor (MPS1); formalización laboral de los empleados (MPS2); sistema de gestión en seguridad y salud en el trabajo (MPS3); tenencia de la tierra y gestión social (MPS4) y relacionamiento con el entorno social (MPS5). Para este caso cabe notar que las MPS no tuvieron relación con la incidencia de Pudrición de Cogollo en el departamento del Magdalena, es decir, aunque la puntuación de las MPS fue alta y se cumplieron a cabalidad todos sus requisitos, la incidencia de PC no se va a afectar, ya que la incidencia y

severidad de la PC tiene que ver con la interacción Planta – Patógeno – Medio Ambiente, más no con las condiciones sociales que se le brinden al cultivo.

Es importante resaltar que de la misma manera que algunos de los subcomponentes de las MPAM, el componente de MPS aunque no tenga una relación directa con la incidencia de PC, se convierte en un factor importante en la sostenibilidad del cultivo de palma de aceite y aunque estas no fueron desarrolladas por la industria palmera, reconoce todo el tema de la estacionalidad agrícola y el ambiente rural. Así mismo, como en la producción de aceite de palma sostenible se aplican buenas prácticas agrícolas y se respetan las leyes ambientales, también se planean y desarrollan actividades laborales y los derechos comunitarios.

De igual manera, los impactos sociales que esta enfermedad desencadenan pueden ser muy graves, aumentando las siembras de cultivos ilícitos, la migración de la población desempleada hacia la cabecera municipal del departamento, aumento de los problemas de pobreza y descomposición social, además de la posible desaparición de los establecimientos comerciales de bienes y servicios que viven de la agroindustria de palma de aceite (Martinez et al., 2008).

4. Conclusiones

Las incidencias de PC en el cultivo de palma de aceite se encuentran estrechamente relacionados con las Mejores Prácticas Agronómicas que se aplican al cultivo, convirtiéndose en determinantes para reducir las afectaciones de la enfermedad. Cualquier recurso y práctica manejados de manera inadecuada puede afectar negativamente al cultivo aumentando sus zonas focos y por consiguiente la severidad y las incidencias de las plantaciones. Las prácticas agronómicas orientadas al mejoramiento de los suelos, la incorporación de programas nutricionales, el mantenimiento de áreas de drenajes y canales de riego y las labores fitosanitarias oportunas permiten

disminuir la tasa de crecimiento de la PC. Aunque las Mejores Prácticas Ambientales y Sociales no tienen un efecto directo sobre la incidencia de PC, se convierten en un reto que afronta la agroindustria para lograr producir un aceite de palma respetando la biodiversidad, la calidad del agua, los derechos de los nativos y contribuyendo lo mínimo posible a la emisión de gases de efecto invernadero.

En el departamento del Magdalena, los municipios como Zona Bananera, Pivijay y Algarrobo mostraron indicadores superiores al componente de MPA, donde el 63,3% de las plantaciones evaluadas obtuvieron valores superiores al 35% de aporte para el índice total de sostenibilidad, traduciéndose en municipios con baja afectación por PC, esto podría relacionarse con el manejo apropiado de las MPA y sus demás subcomponentes, logrando que el manejo de la PC sea más exitoso. Caso contrario a los municipios de Aracataca, Retén y Fundación, donde los datos del componente de MPA es inferior, siendo que solo el 17,4% de las plantaciones evaluadas obtengan valores superiores al 35%, generándose una alta afectación por PC y por consiguiente un manejo poco exitoso de esta enfermedad. Para las estratificaciones, las plantaciones que presentan mayor número de hectáreas cumplen con rigurosidad las medidas tomadas para el componente medioambiental, caso opuesto a las plantaciones más pequeñas donde este componente no es tan relevante. Así mismo, los municipios de Aracataca y Fundación presentan bajos índices para el tema de manejo de prácticas ambientales, donde el 77,8% de las plantaciones evaluadas obtuvieron valores menores al 15% y solo el 23,2% de las plantaciones evaluadas obtuvieron un valor superior al 15% de aporte para el índice total de sostenibilidad, resultado muy relacionado con el tamaño de las plantaciones que allí se evaluaron, caso contrario a los municipios de Zona Bananera, Pivijay y Algarrobo los cuales presentan un comportamiento superior en el tema medioambiental, superando el 15% de aporte para el índice total de sostenibilidad.

Dentro del componente social los indicadores superiores para los aspectos de MPS, se encuentran muy relacionados con el tamaño de las plantaciones evaluadas. Las plantaciones más grandes cumplen a cabalidad todos los requisitos sociales, mientras que en los municipios donde se presentaron los indicadores más bajos para los aspectos sociales son donde se encuentran las plantaciones más pequeñas, cumpliendo medianamente o casi nada con el componente social.

Referencias Bibliográficas

Acosta, G. A., Gómez, P. L., & Vargas, J. R. (1996). Factores físicos de suelos y su influencia en la predisposición a la Pudrición de Cogollo en palma de aceite en Colombia. *Palmas (Colombia)* v. 17 no.2, p.71-79.

Drenth, A., & Guest, D. (2013). Phytophthora: la destructora de plantas. *Revista Palmas*, 34, 49-56. Recuperado de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/10666>

Espinoza, J. C., Martínez, M. C., Oberlaender, J., Sanín, M. C., Peñaloza, L., Ortiz, J. D. y Lozano M. (2016). Lineamientos para la adopción del Estándar de Sostenibilidad de la Mesa Redonda de Aceite de Palma Sostenible -RSPO- en Colombia. Grupo interinstitucional para el desarrollo de los lineamientos. 158 pp.

Fedepalma. (2014). Magdalena participa con 16,7% de la producción nacional de aceite de palma. Recuperado de <http://web.fedepalma.org/node/751>

Fedepalma. (2017). La palma de aceite en Colombia. Bogotá, Colombia Recuperado de <http://web.fedepalma.org/la-palma-de-aceite-en-colombia-departamentos>

González, J. J., Etter, A. A., Sarmiento, A. H., Orrego, S. A., Ramírez, C., Cabrera, E., Vargas, D., Galindo, G., García, M. C. y Ordóñez, M. F. (2011). Análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación en Colombia. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-ideam, p. 64.

Guterman, L. (2014). Costos de producción e indicadores de productividad laboral en la agroindustria de la palma de aceite en Colombia 2011- 2012. *Palmas* 35 (3), pp. 23-40.

Hinestroza, A. (2019). Índice de sostenibilidad y principios de producción de aceite de palma sostenible en Colombia. XV Reunión Técnica Nacional de Palma de aceite. Sostenibilidad y eficiencia para la palmicultura colombiana Bucaramanga 25 al 27 de septiembre de 2019.

Martínez L., G., Corredor R., A., & Silva C., Álvaro. (2008). Problemática de la Pudrición del cogollo en Tumaco e instrumentos para su manejo y la renovación del cultivo. *Revista Palmas*, 29(3), 11-16. Recuperado de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1353>

Martínez et al. (2009). Manejo integrado de la Pudrición del cogollo (PC) de la Palma de aceite. Publicación de la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma). Agosto de 2009. Recuperado de http://www.palmasana.org/bigdata/fito/prevenir/manejointegradodelapcdela_palmadeaceite.pdf

Munévar M., F., Acosta G., Á., & Gómez C., P. L. (2001). Factores edáficos asociados con la Pudrición de Cogollo de la palma de aceite en Colombia. *Revista Palmas*, 22(2), 9-19. Recuperado de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/874>

Nieto, L. (1992). Síntomas y evolución del complejo pudrición de cogollo de la palma de aceite en los Llanos Orientales de Colombia. Revista Palmas, (13).

Ospina, D. (2001). Introducción al muestreo. Bogotá, D.C., Colombia: ED. UNIBIBLOS, Universidad Nacional de Colombia.

Palmasana. (2019). Qué es la Pudrición de Cogollo. Recuperado de <http://www.palmasana.org/pudricion-del-cogollo/que-es>.

Santacruz A., L. H., Zambrano R, J., & Amézquita, M. (2004). Comportamiento de la pudrición de cogollo en la Zona Oriental de Colombia. Revista Palmas, 25(especial), 220-231. Recuperado de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1086>

Sevilla, G. (1997). De la Sociología Rural a la Agroecología. Sobre el Modo Industrial de Uso de los Recursos Naturales (I): Agricultura Y Sociedad En los Sistemas Sociales Avanzados. Pag. 4-7.

SISPA – Cenipalma, (2019), Sistema de Información Estadística del Sector Palmero SISPA. Información Económica. Recuperado de <https://web.fedepalma.org/economía>