

Diferencias entre el comportamiento espectral de palmas sanas y palmas afectadas por Marchitez letal (ML)

Angie Molina-Villarreal, María Claudia Acosta, Jorge Luis Torres-León, Juan Sebastián Hernández
Área de Geomática. Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma. Correo: amolina@cenipalma.org



Introducción

La Marchitez Letal de la palma de aceite es una enfermedad de rápida dispersión (Aireda, 2002) que se caracteriza por presentar un cuadro sintomático bastante complejo. De acuerdo con las investigaciones realizadas por Romero *et al.*, 2012, el patógeno causante de la ML es de carácter sistémico, razón por la cual las palmas enfermas presentan daños en su aparato fotosintético, lo que ocasiona clorosis y necrosamiento de las hojas localizadas en el tercio medio e inferior de la planta, al igual que pudrición de frutos, inflorescencias y raíces (Tovar *et al.*, 2004). Una de las actividades más importantes en el manejo de la enfermedad es la detección oportuna y erradicación inmediata de las palmas enfermas, con el fin de eliminar los focos y reducir las incidencias (Romero *et al.*, 2010). Teniendo en cuenta los hallazgos reportados por Romero (2016), como consecuencia del daño causado en todo el metabolismo primario de la planta, las palmas con Marchitez letal presentan diferencias significativas en los valores de fotosíntesis neta, transpiración, conductancia estomática, fluorescencia y temperatura foliar con respecto a palmas aparentemente sanas, lo cual plantea la posibilidad de emplear herramientas tecnológicas que permitan identificar de manera efectiva y eficaz la presencia de la enfermedad en estados iniciales, ya que hasta ahora el único método utilizado para el reconocimiento de la ML ha sido mediante la identificación de sus síntomas macroscópicos y visibles, momento en el que probablemente ha transcurrido un período de tiempo bastante prolongado desde la adquisición del patógeno (Torres y Tovar, 2004). La respuesta o firma espectral se define como el comportamiento diferencial que presenta la radiación reflejada (reflectancia) o emitida (emitancia) por algún objeto a lo largo del espectro electromagnético (Mahlein *et al.*, 2013), y ha sido empleada exitosamente en la identificación de anomalías o diferentes tipos de estrés en algunos cultivos. La determinación de las características espectrales de palmas afectadas con Marchitez letal representa un factor de suma relevancia para la generación de métodos más rápidos de discriminación tales como, el uso de imágenes aéreas para el apoyo de censos fitosanitarios que faciliten la identificación de manera oportuna.

El trabajo que aquí se presenta tuvo como propósito analizar el comportamiento espectral de palmas aparentemente sanas (PAS) y palmas con síntomas de ML (PML) en tres plantaciones de palma de aceite localizadas en la Zona Oriental, entre 2015 y 2018. Al interior de cada plantación fueron seleccionados lotes con el mismo cultivar y la misma edad de siembra; sin embargo, a nivel regional se capturaron datos sobre dos tipos de cultivares sometidos bajo condiciones edafoclimáticas, edades de siembra y épocas del año diferentes.

Metodología

Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en las plantaciones Unipalma de los Llanos (años 2015 y 2017), Palmas del Casanare (2016) y Palmeras la Carolina (2018), localizadas en los municipios de Cumaral, Villanueva y San Carlos de Guaroa, respectivamente, y circunscritas a la Zona Oriental palmera (Figura 1).

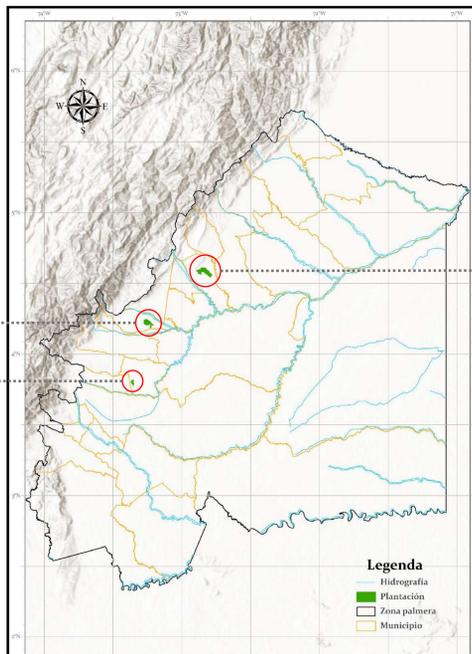


Figura 1. Localización geográfica de las plantaciones en donde se llevó el estudio

Tabla 1. Relación de las consideraciones por plantación

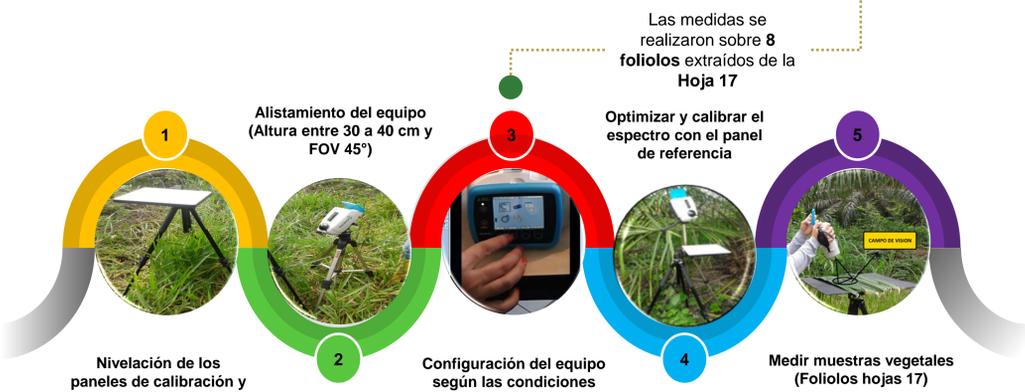
Plantación	Año	Cultivar	Siembra	PAS	PML
Unipalma de los Llanos	2015	Unipalma	2009	80	40
Palmas del Casanare	2016	Unipalma	2012	80	12
Unipalma de los Llanos	2017	Unipalma	2009	120	10
Palmeras La Carolina	2018	IRHO	2015	307	57
Total				587	119



Figura 2. Palma con Marchitez Letal

Figura 3. Palma aparentemente sana

Se seleccionó un total de 119 PML y 587 PAS



Resultados y discusión

En la Figura 4 se observa un distanciamiento de la curva derivada promedio de ML con respecto a la de palmas aparentemente sanas, las diferencias más fuertes se dan en los puntos de inflexión de las curvas. Resalta el aumento rápido en el valor de la derivada, para ambos grupos, en rangos de longitud de onda en los cuales se da el cambio del rojo al infrarrojo. Con base en la curva de valores P del ANOVA para cada longitud de onda, se puede concluir que en varias de estas hay evidencia para rechazar la hipótesis de igualdad de medias entre los grupos.

Para las curvas medias de PML y PAS, se observa que existen diferencias significativas en 457 (nm)-473 (nm), 493 (nm)-554 (nm), 560 (nm)-639 (nm), 647 (nm)-673 (nm), 676 (nm)-717 (nm), 730 (nm)-753 (nm), 765 (nm)-773 (nm), 783 (nm)-794 (nm), 819 (nm)-862 (nm), 875 (nm)-886 (nm), 932 (nm)-948 (nm), 982 (nm)-1001 (nm) y 1041 (nm)-1045 (nm).

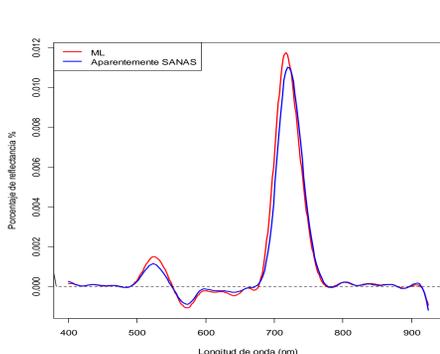


Figura 4. Representación de la curva de la 1ª derivada de PML Vs curva de la 1ª derivada de PAS



Figura 5. Diagramas de Caja y Bigote para Red Edge

Por otro lado, en los Boxplot dados en la Figura 5 y en las pruebas de comparación múltiple correspondientes, se determinó que el RE promedio para PML es 717.1 (nm), mientras que para el grupo PAS es 720.89 (nm).

Diferencias significativas entre grupos

Empleando ANOVA paramétrica y no paramétrica fueron identificadas las diferencias entre los valores medios de reflectancia de los grupos evaluados en cada longitud de onda.

Red Edge

Se determinó para la longitud de onda en donde se presentan valores más altos (RE) de la primera derivada para cada grupo.

El análisis de datos tuvo en cuenta la metodología propuesta por Giraldo *et al.* (2015)

Extremo relativo de la curva

A partir de la estimación de la curva de reflectancia promedio para cada grupo, se calculó la 1ª derivada e identificó las longitudes de onda en donde la curva presenta puntos de crecimiento y decrecimiento extremos.

Outliers

Mediante técnicas de profundidad se determinaron las curvas atípicas.

Suavizado de curvas

Se utilizó la técnica B-splines para convertir los datos puntuales en curvas de reflectancia

Conclusiones

Los resultados obtenidos hasta ahora permiten corroborar que el comportamiento espectral de la curva promedio de palmas afectadas con Marchitez letal Vs. la correspondiente a palmas aparentemente sanas, presentan diferencias significativas a lo largo de la región del infrarrojo cercano y en algunas longitudes de onda de la región del visible, independientemente de las condiciones edafoclimáticas, del cultivar y la edad de siembra, lo que valida los hallazgos obtenidos por Giraldo *et al.*, 2015.

En cuanto al Red Edge, se observa que la longitud de onda correspondiente al grupo PML es ligeramente menor con respecto al de PAS; sin embargo, es importante resaltar que en ambos grupos existen palmas con valores de Red Edge que se aproximan o incluso exceden el valor promedio calculado para el grupo opuesto, lo cual correspondió aproximadamente al 20 % de los casos analizados.

Los resultados orientan al uso de la reflectancia como un parámetro de diferenciación entre palmas enfermas y palmas sanas con un alto porcentaje de acierto. De tal manera que se cuenta con una línea base para el escalamiento a imágenes aéreas que permita utilizar esta tecnología como apoyo a los procesos de detección de la enfermedad.

Los resultados de la investigación aún no permiten establecer que la reflectancia sea un indicador que pueda ser utilizado en la detección temprana de la enfermedad, por tanto, en la actualidad se llevan a cabo estudios orientados a documentar la variación temporal de la reflectancia en palmas que se encuentran en focos.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Fondo de Fomento Palmero, Fedepalma y Cenipalma, por el apoyo y recursos para poder llevar a cabo el estudio. Además, a los ingenieros, tecnólogos y supervisores de campo, quienes apoyaron activa y constantemente todas las labores que fueron requeridas para la consecución de los resultados anteriormente expuestos.

Referencias bibliográficas

- Mahlein A, Rumpf T, Welke P, Dehne H, Plümer L, Steiner U, *et al.* Development of spectral indices for detecting and identifying plant diseases. *Remote Sensing of Environment*. 2013; 128: p. 21 - 30.
- Romero HM, Ayala IM, Navia E. Alteraciones fisiológicas en palmas afectadas por Marchitez letal. *Ceniavances*. 2006;(140): 1-4.
- Romero HM, Bayona C. Establecimiento de una tecnología para el manejo de la Marchitez letal en palma de aceite mediante la determinación de factores fisiológicos asociados con el desarrollo de la enfermedad y la utilización de inductores de resistencia. Informe Final. Cenipalma, Programa de Biología y mejoramiento de la palma; 2012.
- Torres E, Tovar JP. Estudio epidemiológico de la enfermedad Marchitez letal de la palma de aceite en plantaciones de Villanueva, Casanare. *Revista Palmas*. 2004; 25(Especial, Tomo II): 210-219.
- Shafri, H., Anuar, M., Seman, I. and Noor, N. 2011. Spectral discrimination of healthy and ganderma-infected oil palms from hyperspectral data. *International Journal of Remote Sensing*, 32(22), 7111-7129.