

Uso de la temperatura foliar como indicador fisiológico temprano de la Marchitez letal (ML) en palma de aceite (*Elaeis guineensis*, Jacq.)

Carlos Eduardo Aucique-Pérez¹, Andrea Hormaza-Martínez¹,
Hernán Mauricio Romero^{1,2*}



Notas del Director

La Marchitez letal de la palma de aceite es en Colombia la segunda enfermedad más grave de este cultivo, después de la Pudrición del cogollo, y se ha desarrollado particularmente en la Zona Oriental con epicentro en la región del Bajo Upía.

Cenipalma hace investigación sobre este disturbio desde hace una década y ha logrado identificar plenamente su sintomatología y hacer recomendaciones de manejo preventivo del mismo. Respecto al agente causal, aún se continúa la labor investigativa para identificarlo y mientras tanto se buscan sistemas de diagnóstico temprano que contribuyan al manejo de la enfermedad.

En este Ceniavances se muestran los resultados de la investigación tendiente a usar el parámetro de la temperatura foliar de la palma como indicador temprano para diferenciar palmas enfermas de Marchitez letal de palmas sanas. La medición de las diferencias en temperatura, antes de que las plantas tengan síntomas visibles de la enfermedad, es un indicador que facilita el diagnóstico temprano de la misma y la intervención oportuna para manejar el problema.

Lo que se busca es lograr que la metodología de diagnóstico que se presenta en este Ceniavances se convierta en una herramienta de uso regular por parte de las plantaciones y para ello Cenipalma sugiere la utilización de pistolas y cámaras infrarrojas, que son eficientes en la identificación de diferentes tipos de estrés (biótico y abiótico) en otros cultivos y factibles de usar en las plantaciones de palma de aceite.

Atentamente,
José Ignacio Sanz Scovino, Ph.D.
Director Ejecutivo de Cenipalma

Introducción

La Marchitez letal (ML) es una enfermedad que se encuentra en plantaciones de palma de aceite localizadas en los departamentos de Meta y Casanare. En este último se registraron los primeros brotes de la enfermedad en 1994, en la plantación Palmar del Oriente; luego, en plantaciones vecinas como Palmas del Casanare y Palmeras Santana en 1999 y 2000, respectivamente (Rocha et ál., 2007); en la actualidad, la ML está presente en el área que conforma la región del Bajo Upía y se reportan aproximadamente 725 hectáreas erradicadas por la enfermedad entre 1994 y marzo de 2010.

Las palmas afectadas presentan un complejo cuadro sintomatológico que incluye clorosis de las hojas jóvenes, secamiento progresivo de las hojas de los tercios medio e inferior, acompañado de la pudrición y desprendimiento de frutos, racimos e inflorescencias; también se reporta la pudrición de raíces y muerte general de todas las estructuras de la palma en un periodo de tres a seis meses después de la detección inicial (Tovar y Torres, 2004), lo que obliga a realizar una erradicación rápida de las palmas afectadas. El comportamiento epidemiológico ha revelado que la diseminación de la enfermedad es de tipo agregado (Torres y Tovar, 2004), con lo cual la probabilidad de que una palma sana se enferme es mayor para aquellas que son vecinas o cercanas a las enfermas, sugiriendo la presencia de un vector para la transmisión del patógeno. Hasta el momento no se tiene claridad sobre el agente causal, sin embargo, varios microorganismos han sido descartados como posibles causantes entre ellos: microorganismos flagelados (Torres et ál., 2006), *Xylella fastidiosa* (Sierra et ál., 2006) y *Fusarium sp.* (Sánchez et ál., 2003). Existe un reporte de fitoplasmas como causantes de la enfermedad (Álvarez y Mejía, 2006), esta hipótesis fue ratificada por Elliott (2007); no obstante, hasta el momento no se tiene una confirmación plena de este microorganismo como agente causal. En la actualidad, Cenipalma trabaja en la caracterización sintomatológica, identificación del agente causal y medidas de manejo de la enfermedad.

La ML es una enfermedad letal y de rápida dispersión (Airede, 2002), por lo cual el manejo fitosanitario que se le da, implica la detección temprana y erradicación de palmas enfermas. Sin em-

¹ Centro de Investigación en palma de aceite, Cenipalma, Calle 20 A No. 43 A 50 Piso 4, Fax: (057) 244 47 11. Bogotá, Colombia.

² Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia.

* E-mail: hromero@cenipalma.org.

- bargo, es probable que el intervalo de tiempo entre el momento de infección y la aparición de síntomas visibles sea muy prolongado (Torres y Tovar, 2004), por lo cual las palmas enfermas pueden convertirse en fuente de contagio mucho antes de que los primeros síntomas de la enfermedad hagan su aparición y sean erradicadas. Por este motivo, se hace necesario encontrar indicadores tempranos de la enfermedad que permitan su detección lo más pronto posible.

En busca de un indicador temprano para la detección de la enfermedad, se han hecho observaciones a palmas sanas y palmas afectadas por la ML en la zona del Bajo Upía, donde se determinó el comportamiento de parámetros como: la transpiración, la resistencia estomática, la temperatura de la hoja y la fluorescencia de la clorofila *a* en diferentes espirales foliares de la palma. Los resultados registraron diferencias en los valores de estas mediciones, indicando que hay daños en el aparato fotosintético y, por ende, cambios en la fisiología interna de la palma que están afectando en general el metabolismo primario de la planta (Romero et ál., 2006). En esta búsqueda también se ha planteado la utilización de la temperatura foliar (Romero et ál., 2006; Cayón et ál., 2007) por lo que el objetivo de este trabajo es evaluar el comportamiento de la temperatura foliar en palmas sanas y enfermas y su posible utilización como indicador temprano de diagnóstico de la Marchitez letal.

Materiales y métodos

Localización

La investigación se realizó en áreas comerciales pertenecientes a la plantación Palmas del Casanare; ubicada en el municipio de Villanueva, Casanare, a 4°36'40 latitud Norte y 73°55'33 longitud Oeste. La temperatura media anual es de 27°C, presentando un régimen de precipitaciones monomodal con un promedio anual de 2.500 mm de agua y una humedad relativa promedio anual de 77%.

Material vegetal e incidencia de la Marchitez letal

Se seleccionaron lotes con material DXP, origen Papúa, pertenecientes a siembras 1987 y 1989, los cuales registraban presencia de la ML con incidencias acumuladas desde el 2006 entre 15 y 20%. En lotes foco de la enfermedad se ubicaron palmas que no presentaban síntomas de la enfermedad, catalogadas como palmas sanas dentro de foco (SDF), asimismo se ubicaron palmas con diferentes niveles de desarrollo de la enfermedad, tomando como referencia la intensidad de los daños exhibidos, catalogándolas como palmas con la ML inicial, palmas con la ML intermedia y palmas con la ML avanzada. Adicionalmente se ubicó un lote de las mismas características a los lotes con presencia de la ML, pero en el cual no se hubiera presentado ningún caso de la enfermedad, allí se seleccionaron palmas sanas que fueron catalogadas como palmas sanas fuera de foco (SFF). Las palmas sanas seleccionadas fueron monitoreadas en épocas húmeda y seca. Las palmas con la ML fueron diferentes en cada muestreo debido a la erradicación rápida de las palmas que se da cuando presentan la enfermedad.

Para la selección de las palmas en cada estado de la ML se utilizó la metodología de la plantación Palmas de Casanare y se contó

con el apoyo del equipo de sanidad de la empresa. En la tabla 1 se describen las características de selección de las palmas de acuerdo con el estado de la ML.

Tabla 1. Características de selección de material vegetal para determinación fisiológica del daño causado por la Marchitez letal (ML) en la palma de aceite (*E. guineensis*).

Estado sanitario	Características sintomatológicas
Palmas con la Marchitez letal	Palmas con la ML inicial Clorosis tenue en hojas del tercio superior y al menos un racimo con pérdida de brillo en los frutos (Cayón et ál., 2007). En los márgenes de los foliolos hay presencia de lesiones discontinuas de color cobrizo.
	Palmas con la ML intermedia Clorosis acentuada en el tercio foliar inferior de la palma. Los foliolos presentan en los márgenes lesiones de la enfermedad más apreciables. Se inicia el secamiento de los foliolos.
	Palmas con la ML avanzada Clorosis y secamiento de hojas bajas, quemazón cobriza de foliolos, pudrición de racimos e inflorescencias, desprendimiento prematuro de frutos y pérdida de brillo de frutos (Rocha et ál., 2007).
Palmas sanas dentro de focos de la Marchitez letal (SDF)	No presentan ningún tipo de síntomas relacionados con la ML en lotes con alta incidencia de la enfermedad.
Palmas sanas fuera de focos de la Marchitez letal (SFF)	Palmas seleccionadas en lotes donde no se ha presentado ningún caso de la ML.

Determinación de la temperatura foliar

Se utilizó una termocupla adaptada a un medidor de fluorescencia de clorofila a modulado de marca Hansatech Instruments Ltd FMS-2 (Narborough Road, Pentney King's Lynn, Norfolk, England PE32 1JL). La lectura se realizó en 10 foliolos ubicados en el tercio medio de la hoja 17 de cada palma, durante la franja horaria comprendida entre las 8 y las 11 a.m. La determinación se realizó en los meses de diciembre de 2009 y mayo de 2010, épocas representativas de la temporada seca y húmeda, respectivamente.

Diseño estadístico y análisis de la información

Debido a las características epidemiológicas de la enfermedad, se utilizó un diseño de muestreo completamente aleatorizado en el que cada estado sanitario se catalogó como un tratamiento. Para cada época analizada se midió la temperatura de 10 palmas diferentes por cada estado sanitario. Se realizó

un Análisis de varianza (ANOVA), acompañado de la prueba de Duncan como análisis de comparación múltiple, utilizando el paquete estadístico StatisticsAnalysisSystemSAS Ver. 9.0.

Resultados y discusión

Se pudo determinar que la palma de aceite normalmente presenta temperaturas foliares diferentes en época seca y en época húmeda. La figura 1 muestra que en las palmas sanas fuera de foco, durante la época húmeda la temperatura promedio de la hoja es 1°C mayor que en la época seca. Esta diferencia puede ser causada por el hecho de que durante esta última la humedad relativa es menor que en la húmeda. Así, durante la temporada seca se crea una mayor diferencia de potencial hídrico entre la planta y el ambiente que en la húmeda, con lo cual se facilita la transpiración de las plantas, que para el caso de la palma de aceite se ha observado que es fundamental en la regulación térmica de las hojas (Romero et ál., 2006).

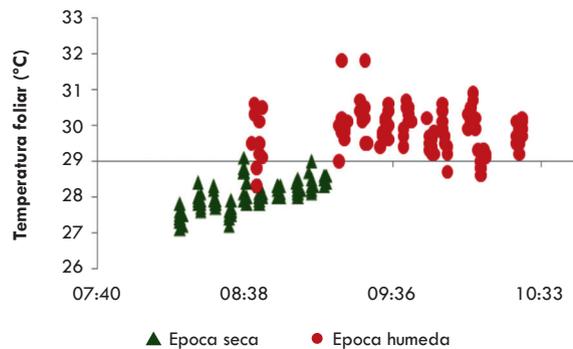


Figura 1. Variación diurna de la temperatura foliar de palmas de aceite en dos épocas contrastantes.

Sin embargo, en las dos épocas se registraron diferencias altamente significativas ($P > F 0,001$) en la temperatura foliar de las palmas afectadas por la ML y las sanas. En las primeras se presenta un incremento notable de la temperatura con respecto a las palmas sanas fuera de foco (Tabla 2). Estos resultados anteriores afirman lo encontrado por Romero et ál. (2006), quienes observaron aumentos de la temperatura foliar en las hojas de diferentes espirales foliares de las palmas enfermas respecto a las sanas. En ese trabajo los autores pudieron relacionar el incremento de la temperatura foliar con la reducción de la tasa trans-

piratoria, lo que a su vez trajo como resultado una disminución en la capacidad de las palmas para disipar calor. Esta limitante asociada al cierre estomático se traduce en una reducción en la fotosíntesis (Aucique et ál., 2009), producto de una acumulación de energía que no es utilizada en la transformación de la energía solar en química, motivando un incremento en la disipación de calor (Romero et ál., 2006).

La prueba de comparación múltiple muestra diferencias estadísticas en los promedios de temperatura foliar entre palmas enfermas y sanas fuera de foco especialmente; se observa que las palmas con síntomas de la ML muestran valores superiores a los 31°C, entre tanto las temperaturas foliares registradas en palmas sanas fuera de foco están por debajo de los 29°C. En investigaciones previas se registraron valores de temperatura foliar en las palmas SFF que no superaban los 28,5°C (Romero et ál., 2007) y 30°C (Cayón et ál., 2007). Al respecto se ha establecido que para el buen desempeño fisiológico de la palma de aceite, esta debe tener temperaturas foliares entre los 25 a 29°C. Temperaturas superiores desencadenan reducciones en el proceso fotosintético especialmente (Romero et ál., 2007; Ruiz y Henson, 2002).

Las palmas con síntomas de la ML y las palmas SDF desde las primeras horas del día registran valores de temperatura foliar superiores a los medidos en las palmas sanas fuera de foco, ratificando que el daño causado por la enfermedad se presenta de manera permanente durante el tiempo en el que hay radiación solar y la planta debe hacer fotosíntesis y perder agua por transpiración, pérdida que ayuda a mantener la temperatura de la hoja en los niveles adecuados para la fotosíntesis. La enfermedad 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 (Romero et ál., 2006).

En los dos monitoreos realizados, las palmas sanas dentro de los focos de la enfermedad registraron valores de temperatura foliar próximos a los medidos en palmas con síntomas de la ML (Tabla 2), sugiriendo que algunas palmas estaban en los primeros estados de la enfermedad, con síntomas no visibles, pero definitivamente en un estado de inestabilidad fisiológica. Este comportamiento está relacionado con la dinámica epidemiológica de la ML, debido a su patrón tipo agregado que está afín con su dinámica espacio-temporal. En otras palabras, para que la ML se disperse requiere de un estrecho contacto entre las palmas sanas y enfermas (Tovar, 2007). El seguimiento del estado sanitario

Tabla 2. Temperaturas foliares promedio en palma de aceite (*E. guineensis*) en diferentes estados de la Marchitez letal (ML) bajo dos condiciones climáticas.

ESTADO	SFF	SDF	INICIAL	INTERMEDIA	AVANZADA
ÉPOCA SECA (Dic - 09)	28,1 ± 0,4c	31,2 ± 1,7b	31,4 ± 1,6b	31,1 ± 1,3b	32,7 ± 1,1a
	R2 = 0,97			C.V. = 1,04	
ÉPOCA HÚMEDA (May - 10)	29,8 ± 0,7b	31,3 ± 2,1b	31,8 ± 1,2a	32,9 ± 1,9a	31,9 ± 1,1a
	R2 = 0,87			C.V. = 2,21	

Los valores corresponden al promedio ± la desviación estándar. Valores con diferente letra son significativamente diferentes a ($P < 0,05$).

de las palmas SDF mostró que algunas de ellas se enfermaron en un tiempo menor a cinco meses, con lo que se confirmó que algunas de las palmas ya estaban infectadas con la enfermedad, si se tiene en cuenta que el tiempo de incubación de la ML es de alrededor de los cinco meses desde el contagio (Arango et ál., 2011). De allí la importancia de identificar las palmas enfermas con indicadores más tempranos que los íntomas visuales, a fin de iniciar lo más pronto posible la erradicación de las palmas y así disminuir la posibilidad de contagio de las plantas vecinas y la dispersión de la enfermedad.

En resumen, los resultados muestran que la temperatura foliar es diferente entre palmas sanas y enfermas de la ML y las diferencias en temperatura se pueden medir aún antes de que las plantas muestren síntomas visibles de la enfermedad. Así, la temperatura foliar tiene el potencial de ser usada como un indicador para el diagnóstico temprano de la enfermedad.

Para que esta metodología de diagnóstico se convierta en una herramienta de uso regular en las plantaciones, Cenipalma está trabajando para estandarizar metodologías de determinación de la temperatura foliar utilizando pistolas y cámaras infrarrojas, las cuales han mostrado interesantes resultados en la identificación de estrés biótico y abiótico en otros cultivos (Sankaranet ál., 2010; Blonquist et ál., 2009; Gontia y Tiwari, 2008; Mahan, and Yeaterb. 2008) y que, sin lugar a dudas, son prácticas y fáciles de usar en las plantaciones de palma de aceite.

Agradecimientos

Al personal y directivas de las plantaciones Palmas de Casanare S.A. y Palmar de Oriente, S.A. Este trabajo contó con la cofinanciación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, contrato N° 2007R4543 222 y del Fondo de Fomento Palmero (FFP), administrado por Fedepalma.

Bibliografía

Álvarez, E y Mejía, J. 2006. DNA sequence analysis of the 16SrRNA region of Phytoplasma associated with Lethal Wilt in Oil Palm. *Fitopatología Colombiana*, 39: 39 – 44.

Arango, C.M.; Garay, C.; Sierra, L.J.; López, G. 2011. “*Myndus crudus*: vector del agente causante de la Marchitez letal en palma de aceite en Colombia. *Palmas*, 32: 20-31

Aucique, C.E; Hormaza, P; Oliveros, M; Romero, H.M. 2009. Fotosíntesis, Transpiración y Resistencia Estomática en la Palma de aceite (*Elaeis guineensis*, Jacq.), en diferentes estados de la Marchitez letal (póster). XVI Conferencia Internacional de la Palma de aceite. Cartagena de Indias. Colombia.

Blonquist, J.M.; Norman, J.M.; Bugbee, B. 2009. Automated measurement of canopy stomatal conductance based on infrared temperature. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149: 2183 – 2197

Cayón, G; Avellaneda, C; Rodríguez, F. 2007. Aspectos fisiológicos asociados a la Marchitez letal de la palma de aceite. *Palmas*, 28: 373 – 381.

Elliot, M. 2007. Oil palm diseases in the Llanos (Eastern Zone) and Tumaco (Western Zone): Cogollo Rot, Wilt Lethal and Basal Rot. Report on visit with Cenipalma. November. 23pg.

Gotia, N.K. and Tawari, K.N. 2008. Development of crop water stress index of wheat crop for scheduling irrigation using infrared thermometry. *Agricultural Water Management*, 95: 1144 – 1152.

Henson, I; MondRoslan Noor; MondHaniffHanrun; ZuraidahYahya; Siti Nor AishanMustakim. 2005. Stress development and its detection in young oil palms in north Kedah, Malasia. *Journal of Oil Palma Research*, 17: 11 – 26.

Mahan, J.R. andYeaterb, K.M. 2008. Agricultural applications of a low-cost infrared thermometer. *Computers and Electronics in Agriculture*, 64: 262 – 267.

Rocha, P; Tovar, J.P. Gutiérrez, D.F.; Mosquera, M. 2007. Boletín técnico No. 22. La Marchitez letal en Palma de aceite. Centro de investigación en Palma de Aceite – Cenipalma. 37pg.

Romero, H; Ayala, I; Navia, E. 2006. Alteraciones fisiológicas en palmas afectadas por la Marchitez Letal. *Cenivances*, 140: 1-4.

Ruiz, R y Henson, I. 2002. Photosynthesis and stomatal conductance of Oil Palm in Colombia: Some initial observations. *The Planter*, 78: 301 – 308.

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* sp. *Palmas*, 24: 9 – 20.

Sankara, S; Mishra, A; Ehsani, R; Davis, C. 2010. A review of advance technique for detection plant disease. *Computer and Electronics in Agriculture*, 66: 22-34

Sierra, R; González, A; Rocha, P; Restrepo, S. 2006. *Xylella fastidiosa* no se detecta en tejidos de Palma de aceite (*E.guineensis*, Jacq.) afectadas por la Marchitez letal. *Cenivances*, 137: 1-4

Torres, J; Tovar, J; Gutiérrez, D; Aldana, R; Guerrero, J. 2006. Búsqueda de *Phytomonassp.* (flagelados asociados a la Marchitez sorpresiva) en palmas afectadas por la Marchitez letal. *Cenivances*, 134: 1-4

Tovar, J.P. 2007. Estudio Epidemiológico. Capítulo 3. En: Boletín técnico No. 22. La Marchitez letal en palma de aceite. Centro de investigación en Palma de aceite – Cenipalma. 37pg.

Torres, E y Tovar, J.P. 2004. Estudio epidemiológico de la Marchitez letal de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*, Jacq.) en plantaciones de Villanueva, Casanare. *Palmas*, 25: 210 – 219.



Director: José Ignacio Sanz Scovino, Ph.D.
Revisión de textos: Comité de Publicaciones de Cenipalma
Coordinación editorial: Yolanda Moreno Muñóz
Diseño y diagramación: Area 51 Publicidad y Comunicaciones S.A.S
Impresión: Javegraf

Esta publicación contó con el apoyo de Fedepalma - Fondo de Fomento Palmero