

Notas del Director

Las enfermedades en el cultivo de la palma de aceite son amenazas constantes a las que se ven expuestas los palmicultores y que tienen un impacto económico relevante cuando superan los límites y se salen de control. Entre ellas, son bien conocidas por el sector la Marchitez Sorpresiva, la Pudrición de Cogollo, la Pudrición Basal, entre otras.

En esta ocasión, este Ceniavances pretende ampliar más las investigaciones que ha realizado el Centro relacionadas con otra enfermedad importante que tuvo origen en los Llanos Orientales en el año 2002, como es la Marchitez Letal. En anteriores documentos, las investigaciones y estudios han descartado agentes causales como microorganismos flagelados, *Xylella fastidiosa* y fusarium. La búsqueda del agente causal continúa.

Después de realizar un proceso de mediciones de diferentes aspectos relacionados con la fisiología de la palma, se plantea estudiar los cambios que dicha fisiología presenta en respuesta a la Marchitez Letal, con el objetivo de identificar indicadores tempranos de la enfermedad.

Dentro de este proceso, una de las grandes conclusiones es que esta enfermedad induce el cierre de estomas, con lo cual se disminuye la transpiración y se compromete la capacidad de las plantas de disipar calor, con los consiguientes daños en el aparato fotosintético.

El ideal es identificar, mediante estudios como los presentados en este documento, indicadores tempranos de la enfermedad que permitan un manejo más eficiente de la misma y así evitar los inconvenientes y traumatismos que puede generar un disturbio de este tipo.

PEDRO LEÓN GÓMEZ CUERVO
Director Ejecutivo

ALTERACIONES FISIOLÓGICAS EN PALMAS AFECTADAS POR MARCHITEZ LETAL*



Palma Afectada por Marchitez Letal

seis meses (Torres *et al.*, 2006). La búsqueda del agente causal de la enfermedad ha descartado a microorganismos flagelados (Torres *et al.*, 2006), *Xylella fastidiosa* (Sierra *et al.*, 2006) y a fusarium (Sánchez *et al.*, 2003). Existe un reporte de fitoplasmas como causantes de la enfermedad (Alvarez, 2004). Sin embargo, este reporte aun está por confirmarse y la búsqueda del agente causal continúa. Lo que es claro es que la diseminación es de tipo agregado (Torres y Tovar, 2004), con lo

cual la probabilidad de una palma de enfermarse es mayor para las palmas sanas que son vecinas a las enfermas, sugiriendo la presencia de un vector para la transmisión del patógeno.

Introducción

La marchitez letal (ML) es una enfermedad que apareció por primera vez en la zona del bajo Upía (Casanare) en el año 1994 y fue registrada oficialmente por Cenipalma en el año 2000 (Airede, 2002). Para diciembre del 2002 había reportados un total de 14.136 casos en tres plantaciones de la Zona Oriental. Los datos a diciembre de 2006 reportan casi 250 ha erradicadas por la enfermedad, con más de 35.000 casos acumulados a la fecha.

La sintomatología característica de la ML es clorosis de las hojas, pudrición de racimos y necrosamiento de haces vasculares. El amarillamiento de las hojas es progresivo, con necrosamiento y muerte de las estructuras y en general de toda la palma en un período de tres a

La presencia de patógenos en las plantas ocasiona cambios en su fisiología y en su bioquímica. Estos cambios, que son comunes a diferentes condiciones de estrés, son determinantes en la capacidad de la planta de aclimatarse, de tolerar o de recuperarse a las condiciones deletéreas ocasionadas por el estrés. Por ejemplo, respuestas fisiológicas generalizadas a condiciones de estrés son: el cambio en la actividad del aparato fotosintético, así, se ocasiona cerramiento de los estomas (Smith, 1989; Corley, 1976; Dufrêne *et al.*, 1993), reducción de la tasa fotosintética y de transpiración (Smith, 1989); y variaciones en la fluorescencia de la clorofila, especialmente en el rendimiento cuántico máximo del fotosistema II (Fv/Fm) (Rosenqvist y Van Kooten, 2003).

*Hernán Mauricio Romero. Profesor Asistente, Universidad Nacional de Colombia, Asesor Programa de Fisiología, Cenipalma: Autor para correspondencia. E-mail: hmromeroa@unal.edu.co

*Iván Mauricio Ayala, Edwin Navia. Investigadores Auxiliares, Cenipalma

Enfermedades como la ML, además de causar las respuestas a estrés relacionadas anteriormente, es probable que ocasionen daños específicos en tejidos que se pueden manifestar en la pérdida de capacidad de absorción y/o transporte de agua desde la raíz hacia las hojas, a través del xilema; o pueden ocasionar daños a nivel del floema que resultan en la incapacidad de transporte de fotoasimilados hacia los órganos demanda. Cualquiera de los dos efectos resulta en un cierre de estomas, el primero, por déficit hídrico y el segundo por acumulación de carbohidratos en los órganos fuente (hojas). Con el cierre de estomas, la transpiración de las plantas disminuye y su capacidad de disipar calor y energía se ve comprometida. Así, uno de los síntomas de este tipo de daño es el incremento de la temperatura de la hoja.

La ML es una enfermedad letal y de rápida dispersión (Airedo, 2002), por lo cual el manejo fitosanitario que se le da, implica la detección temprana y erradicación de palmas enfermas. Sin embargo, 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 sea erradicada. Por este motivo, se hace necesario el encontrar indicadores tempranos de la enfermedad que permitan su detección lo más pronto posible. Así, este proyecto plantea estudiar los cambios en la fisiología de las palmas en respuesta a la Marchitez Letal con el objetivo de iniciar la identificación de indicadores tempranos de la enfermedad.

Metodología

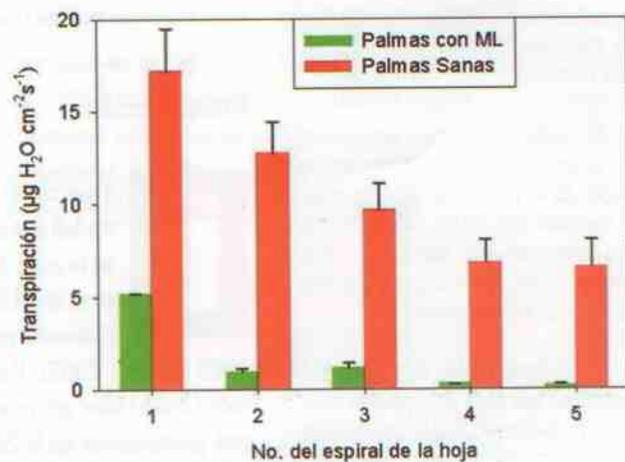
Se midieron la transpiración, resistencia estomática, temperatura de hoja y fluorescencia de clorofila de palmas sanas y palmas afectadas por ML, de material UNILEVER siembra 2003, ubicadas en la plantación Palmas del Casanare. La metodología para la medición de los diferentes parámetros fisiológicos fue la siguiente:

- Las mediciones se hicieron en una hoja de cada uno de los espirales según la filotaxia, por ejemplo, las hojas 3, 11, 19, 27 y 35 (correspondientes a los espirales 1, 2, 3, 4 y 5).
- Se seleccionaron para las mediciones palmas sanas y palmas enfermas presentes en el mismo lote, separadas entre sí por dos o tres palmas en dos líneas diferentes.
- Las medidas se tomaron entre las 6:30 y las 9:00 a.m.
- Para las determinaciones de resistencia estomática, temperatura de la hoja y transpiración se utilizó un porómetro LI-1600

- Para las determinaciones de fluorescencia de clorofila se utilizó un fluorómetro de amplitud no modulada Hansatech. Las hojas fueron adaptadas a la oscuridad por al menos 30 minutos antes de las determinaciones utilizando los clips suministrados con el equipo.

Resultados

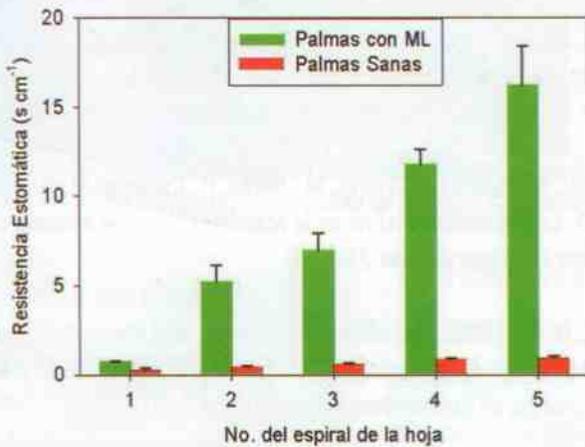
La transpiración de las hojas es afectada por la Marchitez Letal (Figura 1), de tal manera que las palmas enfermas tienen menores tasas transpiratorias. La disminución en estas tasas transpiratorias puede ser causada por diferentes factores. Primero, por un inadecuado suministro de agua debido a niveles deficitarios de agua en el suelo. Segundo, por disminución en los potenciales hídricos de las plantas como resultado de una menor absorción de agua a través de las raíces, o por daños en los vasos del xilema (encargados de la conducción de agua de la raíz hacia las hojas). Tercero, por alteraciones del aparato fotosintético o del floema que inducen una acumulación de fotosintetatos en las hojas y se produce una inhibición de la fotosíntesis por acumulación de productos finales. Así, el CO_2 absorbido no es utilizado en fotosíntesis y se acumula dentro de las células estomáticas induciendo el cierre de estomas. Finalmente, por combinaciones de dos o más de los factores mencionados.



Las barras representan la desviación estándar.

Figura 1. Transpiración de hojas de diferentes espirales de palmas sanas o afectadas por ML

Debido a que las plantas medidas están bajo riego para mantener un suministro adecuado de agua, se descarta que la transpiración baja sea causada por déficit hídrico en el suelo. Así, las menores tasas transpiratorias de las palmas enfermas, con respecto a las sanas, pueden ser causadas por el factor dos, daños en el sistema de absorción (raíces) o en el sistema de transporte (xilema) que ocasionan el cierre de estomas evidenciado por mayores valores de resistencia estomática (Figura 2).



Las barras representan la desviación estándar.

Figura 2. Resistencia estomática en hojas de diferentes espirales de palmas sanas o afectadas por ML

La reducida tasa transpiratoria de las hojas disminuye la capacidad de las hojas de disipar calor, como consecuencia, se observa un aumento en la temperatura foliar de las palmas enfermas con respecto a las palmas sanas (Figura 3), que es visible incluso a tempranas horas de la mañana, cuando la radiación es baja y la necesidad de disipación de calor es menor. Sin embargo, es de esperarse que la diferencia en la temperatura de las hojas entre palmas sanas y enfermas se haga más evidente en la medida en que la temperatura ambiente y la radiación se incrementen, es decir hacia el medio día y las primeras horas de la tarde.

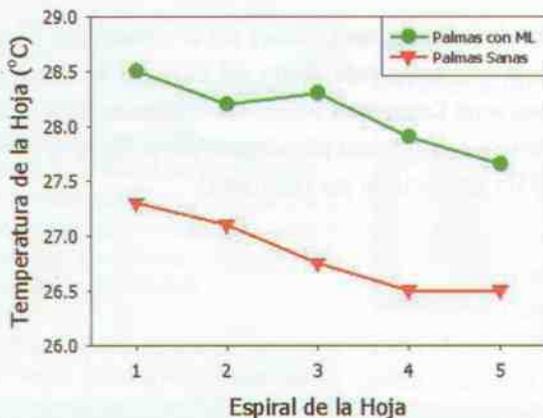
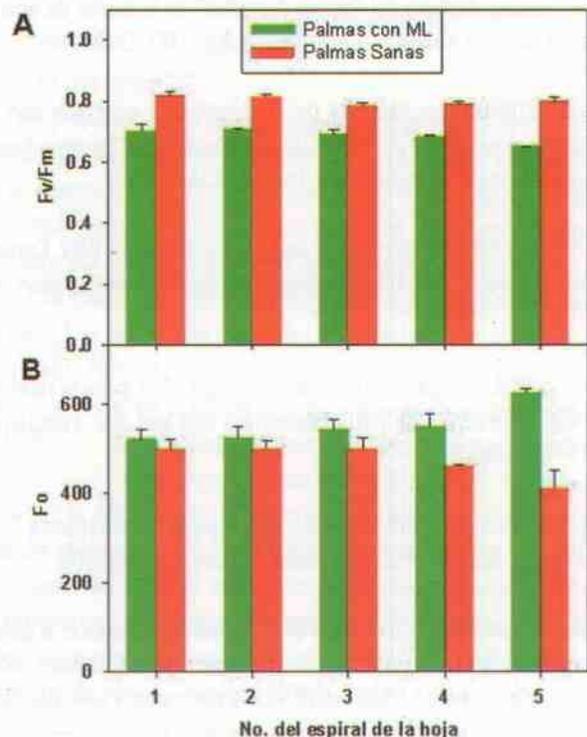


Figura 3. Temperatura de las hojas de diferentes espirales de palmas sanas o afectadas por ML

Como consecuencia del cierre estomático inducido por la "sequía fisiológica" que experimentan las palmas enfermas por ML, es de esperarse que la fotosíntesis sea afectada, de tal manera que se entra en una espiral negativa en la cual, en la medida en que se incrementa el desbalance en el transporte de agua hacia las células, se cierran los estomas, ocasionando dos problemas fisiológicos a la planta; en primer lugar, la dificultad para disipar calor ya mencionada; y en segundo lugar, una reducción en los niveles internos de CO₂. Se reduce la fotosíntesis, hay una acumulación de energía que no es usada en la reducción del dióxido de carbono a carbohidratos y se incrementa la energía que debe ser disipada en forma de calor. El resultado es el daño en el aparato fotosintético que se evidencia por los cambios en la fluorescencia de clorofila de las hojas de palmas enfermas (Figura 4a y 4b).

A través de determinaciones de fluorescencia de clorofila se puede estimar la capacidad de las membranas del cloroplasto, y específicamente del fotosistema II de transportar la energía de los fotones captada por la clorofila para su utilización en la reducción del CO₂ (producción de fotoasimilados). Este fotosistema II es muy sensible a cualquier alteración fisiológica de la planta y así, la fluorescencia de la clorofila es uno de los indicadores más usados en la fisiología moderna para determinar el estado fisiológico de las plantas ya que en general el daño del fotosistema II es la primera manifestación de estrés en la hojas. Por ejemplo, se sabe que el parámetro de fluorescencia de clorofila Fv/Fm en plantas sanas está alrededor de 0,8 y cualquier disminución en este valor es indicador de alteraciones fisiológicas en la planta (Maxwell y Johnson, 2000). Así, en las palmas sanas Fv/Fm está siempre cercano a 0,8 pero en las palmas afectadas por ML se observa que los valores de Fm/Fv están muy por debajo de ese valor (Figura 4A). Esta observación se ve confirmada por otro parámetro de fluorescencia de clorofila, Fo (Figura 4B).

Fo se mide en hojas adaptadas a la oscuridad y es un indicador de la capacidad de los diferentes componentes del fotosistema II de absorber y transportar los electrones. Entre mayor es esta capacidad (es decir, existen más centros de reacción abiertos para la recepción de electrones en el fotosistema), menor es el valor de Fo. Cuando hay daños en los centros de reacción, la capacidad de absorción y transporte de electrones disminuye y por tanto Fo es mayor. Para el caso de la palma, Fo es mucho más alto en las plantas afectadas por ML que en las palmas sanas, con lo cual se confirma el daño en el aparato fotosintético (Rosenqvist y van Kooten, 2003).



Las barras representan la desviación estándar.

Figura 4. Fluorescencia de clorofila de hojas de diferentes espirales de palmas sanas o afectadas por ML

Los resultados muestran el efecto de la enfermedad ML en la fisiología de la palma. Exactamente cuál es el patrón de daño está aún por definirse. Se observa que la enfermedad induce el cierre de estomas con lo cual se disminuye la transpiración y se compromete la capacidad de las plantas de disipar calor, con los consiguientes daños en el aparato fotosintético. Los resultados también muestran un comportamiento diferencial de las hojas, según el espiral al que pertenecen (edad de la hoja). Así, las hojas más jóvenes son afectadas más lentamente que las hojas viejas dando la apariencia de que la enfermedad avanza de abajo hacia arriba en la planta. El siguiente paso es determinar la localización del daño primario en las plantas, ¿es un problema en el sistema de absorción de agua (raíces)? ¿es acaso un daño en el sistema de transporte de agua (xilema)? ¿el cierre de estomas es causado por la acumulación de fotosintetatos en los órganos fuente como consecuencia de daños en el floema?. En la medida en que se haga una caracterización sistemática de los parámetros fisiológicos medidos en esta investigación y de otros adicionales (fotosíntesis, potenciales hídricos, flujo de savia) se podrán resolver las preguntas planteadas, lo cual ayudará en la identificación del agente causal de la enfermedad; además, se podrán identificar indicadores tempranos de la enfermedad que permitan un manejo más eficiente de la misma.

Bibliografía

Airede, C. (2002). Análisis del "nuevo disturbio" de la palma de aceite presente en la Zona Oriental. Ceniavances No. 100. Diciembre.

Alvarez, E. (2004). Identificación de un fitoplasma asociado con la Marchitez Letal en palma de aceite (*Elaeis guineensis*). Informe Final. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. 50 p.

Corley RHV (1976) Photosynthesis and productivity. In RHV Corley, JJ Hardon, BJ Wood, eds, Oil Palm Research. Elsevier, Amsterdam, pp 55-76.

Dufrene, E. and B. Saugier (1993). Gas exchange of oil palm in relation to light, vapour pressure deficit, temperature and leaf age. Functional Ecology 7: 97-104.

Mawell, K.; Johnson, G.N. (2000). Chlorophyll fluorescence – a practical guide. Journal of Experimental Botany 51: 659-668.

Rosenqvist E, Van Kooten O (2003) Chlorophyll fluorescence: a general description and nomenclature. In J DeEll, PMA Toivonen, eds, Practical Applications of Chlorophyll Fluorescence in Plant Biology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp 32-77.

Sierra, R.; González, A.; Rocha, P.; Restrepo, S. (2006). *Xylella fastidiosa* no se detecta en tejidos de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) afectados por Marchitez Letal. Ceniavances No. 137. Mayo.

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. Palmas 24: 9-20.

Smith, B. G. (1989). The effect of soil water and atmospheric vapor pressure deficit on stomatal behaviour and photosynthesis in the oil palm. Journal of Experimental Botany 40: 647-651.

Torres, E.; Tovar, J. (2004). Estudio epidemiológico de la enfermedad Marchitez Letal de la palma de aceite en plantaciones de Villanueva, Casanare. Palmas 25: 210-219.

Torres, J.; Tovar, J. Gutiérrez, D.; Aldana, R.; Guerrero, J. (2006). Búsqueda de *Phytomonas* sp. (flagelados asociados a la Marchitez Sorpresiva) en palmas afectadas por Marchitez Letal. Ceniavances No. 134. Febrero.

Agradecimientos

Al personal de la Palmas del Casanare por la colaboración prestada. Este trabajo está enmarcado dentro del Convenio de Cooperación Institucional entre Cenipalma y la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional, y es financiado parcialmente por el Fondo de Fomento Palmero (FFP) administrado por Fedepalma.



Director: Pedro León Gómez Cuervo
Revisión de textos: Comité de Publicaciones de Cenipalma
Coordinación editorial: Oficina de Prensa
Diseño y diagramación: Briceño Gráfico
Impresión: Molher Ltda. Impresores

Esta publicación contó con el apoyo del Fondo de Fomento Palmero