

Efecto de los niveles de agua en el suelo sobre la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.).

II. Estado hídrico diario de palmas en etapa de vivero

Effects of the soil water levels on the oil palm (Elaeis guineensis Jacq.)

II. Daily hydric status of the palms in the nursery stage.

CONSTANZA BURGOS S.*; RODRIGO PERDOMO R.*; CARMEN TERESA MORALES*; DANIEL GERARDO CAYÓN S. **

RESUMEN

Se estudió el estado de hidratación diario de la palma de aceite en etapa de vivero bajo diferentes condiciones de humedad del suelo (saturación total 0 MPa, saturación media -0,01 MPa, capacidad de campo -0,03 MPa y déficit hídrico -0,3 MPa.), determinando diariamente el contenido relativo de agua (CRA), la temperatura foliar (TF), la apertura estomática y los datos climáticos del invernadero (temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa y evaporación). Los tratamientos con mayor disponibilidad de agua en el suelo (saturación media y total) presentaron valores altos de CRA y bajos de TF, indicando una buena turgencia en los tejidos, mientras que los tratamientos de baja disponibilidad hídrica presentaron TF alta y CRA bajo. Los tratamientos con buena humedad en el suelo presentaron fluctuaciones de la apertura estomática durante el día, en comparación con los tratamientos capacidad de campo y déficit hídrico (CC y DH) que presentaron, durante la mayor parte del día, estomas cerrados debido a la escasa disponibilidad hídrica en que se encuentra la palma.

SUMMARY

The daily hydration status of the oil palm in nursery stage was studied under different conditions of soil humidity [Total saturation 0 MPa, Medium saturation -0.01 MPa, field capacity -0.03 MPa and Hydric deficit -0.3 MPa]. Relative water content (RWC), foliar temperature (FT), stomata opening and nursery climatic data (maximum and minimum temperatures, relative humidity and evaporation) were determined daily. Treatments with higher availability of water in the soil (medium and total saturation) showed high values of RWC and low ones of FT, indicating a good turgency on the tissues, while the treatments with low hydric availability showed a high FT a low RWC. Treatments with good humidity in the soil showed fluctuations in the stomata opening during the day in comparison with the field capacity and hydric deficit that showed during the major part of the day closed stomata because of a low hydric availability found in the palm.

Palabras claves: Palma de aceite, Agua de suelo, Humedad, Viveros, Clima, Transpiración, Estomas

*Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U D C A. Santafé de Bogotá, D.C, Colombia.

** Ing. Agrónomo. Líder Área Fitomejoramiento. Cenipalma. Apartado Aéreo 252171. Santafé de Bogotá, D.C, Colombia.

INTRODUCCIÓN

El potencial hídrico de la hoja (PHF) y sus componentes, el contenido relativo de agua (CRA) y la temperatura foliar (TF) del dosel han sido usados como estimativos del estado hídrico de la planta (Villalobos et al. 1992). No obstante, el CRA es mejor indicador del estado de hidratación foliar que el PHF porque representa el balance hídrico dinámico de una planta y es determinante principal de la actividad metabólica y la supervivencia foliar. Varios autores consideran que el CRA es la estimación más barata, rápida y confiable para identificar diferencias de turgencia entre genotipos (Bennett et al. 1978 y Schonfeld et al. 1988, citados por Villalobos et al. 1992)

Algunos estudios sobre el estado de hidratación de la palma de aceite bajo condiciones de sequía evaluaron el CRA en palmas jóvenes y adultas, encontrando proliferación de flechas en palmas jóvenes asociada con la reducción del CRA y mostrando síntomas como amarillamiento y necrosis de las puntas de los folíolos de las hojas inferiores; los valores promedio de CRA fueron 94% para palmas irrigadas y 84% bajo estrés hídrico avanzado. La consistencia de los valores anteriores indica que este parámetro es un buen indicador del estado de hidratación en palmas jóvenes. En palmas adultas bajo déficit hídrico, los valores de CRA fueron similares o aún mayores que en palmas irrigadas (96% en palmas sin irrigar y 95% en palmas irrigadas). Aparentemente, el cierre temprano de los estomas de las hojas jóvenes en las palmas bajo estrés hídrico y la acumulación de flechas (hasta cuatro veces más que en palmas irrigadas) son mecanismos que reducen los efectos negativos del déficit hídrico mediante una reducción del índice de área foliar y de la tasa de transpiración (Villalobos et al. 1992).

Estudios sobre déficit hídrico en palma de aceite, efectuados en Costa Rica, evaluaron los efectos de la irrigación a corto plazo, observándose el doblamiento de las hojas inferiores aún verdes, el cual culmina con la muerte de las mismas. Estas observaciones se hicieron evidentes cuando se empezó a notar el cierre de los estomas de las palmas que crecieron en parcelas no irrigadas. Estas palmas mostraron aproximadamente

30% de sus hojas dobladas o quebradas, al final del periodo de la sequía. Palmas irrigadas por gravedad mostraron altos valores de conductancia del vapor de agua foliar (1,14 cm/s) y bajos (0,15 cm/s) en palmas sin riego y se redujo considerablemente el número de hojas dobladas, estos valores de conductancia del vapor de agua en las hojas 9,17 y 25 variaron inversamente con la edad de la hoja, observándose una mejor respuesta a la rehidratación en las hojas más jóvenes. Las hojas dobladas sólo mostraron sus estomas abiertos durante aproximadamente una hora en la mañana (Villalobos et al. 1992).

Según Caliman (1992), las estomas en palma de aceite presentan una gran sensibilidad al déficit de la presión de vapor de agua en el aire (humedad relativa), del cual un incremento causa el cierre estomático, incluso cuando hay una buena reserva de agua. Por otra parte, los estomas pueden abrirse bajo condiciones de déficit hídrico, si hay lluvias ligeras.


*Los
estomas
pueden
abrirse
bajo
condiciones
de déficit
hídrico, si
hay lluvias
ligeras.*


La utilización de la temperatura de los cultivos para detectar el estrés hídrico de las plantas se basa en la asunción de que la transpiración evapora agua y enfría las hojas por debajo de la temperatura del aire que las rodea. Cuando las disponibilidades hídricas son limitantes, la transpiración se reduce y la temperatura foliar aumenta. Si la cantidad de agua transpirada es pequeña, es normal que las hojas se calienten por encima de la temperatura del aire, lo que se justifica por la absorción de la radiación.

Diferentes factores actúan sobre la temperatura de la superficie foliar, como son: las condiciones climáticas (velocidad del viento, hora del día), las condiciones de medida (ángulo de reconocimiento, superficie visada) y las características de la cubierta vegetal (tipo de cultivo, estado fisiológico, estructura de la cubierta, orientación de las líneas de siembra y plantación, grado de cobertura del suelo, etc.), por lo cual, se puede decir que la temperatura de las hojas es un dato complejo.

Monteith, Szeicz y Tanner, citados por Santa Olalla y Valero (1993), fueron los primeros investigadores en utilizar los radiómetros infrarrojos para medir la temperatura de las plantas. Tanner (1963), citado por Olalla y Valero (1993), utilizó la termometría infrarroja

para estudiar el empleo de las medidas de temperatura en detectar los diferentes grados de estrés producidos en los vegetales por tratamientos hídricos. A partir de estos trabajos, la tecnología del infrarrojo ha avanzado muy rápidamente. Hoy en día, en lo que se refiere a la toma de datos en el terreno, se cuenta comercialmente con instrumentos portátiles ("pistolas" y cámara de infrarrojos) que permiten la realización de este tipo de estudios .

El objetivo de este trabajo fue estudiar las relaciones hídricas del complejo suelo - planta - ambiente para determinar indicadores de estrés hídrico en palmas de aceite bajo condiciones controladas de vivero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo bajo condiciones controladas (vivero bajo cubierta plástica) en la plantación "Unipalma", en el municipio de Cumaral (Meta), Colombia, a 305 msnm y una precipitación media anual de 3.100 mm. Las palmas se sembraron en bolsas de 20 kg y se localizaron en un área de 750 m². Se utilizó material híbrido Tenera (D X P) de seis meses de edad proveniente de la plantación Las Flores, en Codazzi (Cesar).

El diseño experimental utilizado fue el de Bloques Completos al azar, con cuatro tratamientos (Tabla 1), cinco repeticiones y 20 unidades experimentales, con doce palmas cada una, para un total de 240 palmas. Los resultados obtenidos se procesaron utilizando el sistema estadístico SAS, para la realización de los análisis de varianza y las pruebas de correlación y regresión lineal.

A continuación se hace una somera descripción de los tratamientos usados en el trabajo:

Tabla 1. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Tensión (MPa)*	Descripción
Saturación total (ST)	0	Anequación, con lámina de agua de 2 cm sobre la superficie del suelo.
Saturación media (SM)	-0,01	Humedad intermedia entre saturación total y capacidad de campo.
Capacidad de campo (CC)	-0,03	Contiene toda la cantidad de agua capilar que es capaz de retener contra la gravedad.
Déficit hídrico (DH)	-0,3	Se ejerce un estrés hídrico mayor que el del punto de marchitez permanente.

* MPa = Megapascalas

1. Saturación total (ST)

Presentó una condición permanente de anegamiento con una lámina de agua de 2 cm sobre la superficie del suelo, sin existir cambios en humedad, y por lo tanto, la fuerza de succión es nula (0 MPa).

2. Saturación media (SM)

El suelo se encontraba en un nivel menor que el nivel de saturación total, sin alcanzar una humedad que pueda denominarse como capacidad de campo (CC). El suelo ejercía una fuerza de succión por el agua de -0,01 MPa.

3. Capacidad de campo (CC)

Se caracterizó por contener toda el agua capilar que es capaz de retener el suelo contra la gravedad, ejerciendo una fuerza de succión de -0,03 MPa.

4. Déficit hídrico (DH)

Consideró un nivel de agua en el suelo en el que la planta sufrió por estrés hídrico, siendo este nivel superior al del punto de marchitez permanente. En estas condiciones, el suelo ejercía una fuerza de succión por el agua de -0,3 MPa.

Inicialmente se realizó un análisis físico - químico del suelo experimental con el fin de conocer el estado nutricional y las propiedades físicas, para su posterior manejo. Igualmente se contó con el análisis de calidad del agua de riego disponible para el vivero, cuyos resultados la muestran como de buena calidad, sin restricciones para cultivos o para las diferentes clases de suelo. Con base en el análisis del suelo y los criterios recomendados en la plantación con respecto a la fertilización en etapa de vivero, se efectuó la misma de manera uniforme para todos los tratamientos, al igual que las prácticas agronómicas necesarias. El suelo utilizado en las bolsas del vivero fue de textura franco-arcillosa, con contenido bajo de materia orgánica (2,1 %), y pH moderadamente ácido (5,5).

Dentro del vivero se llevó un registro diario del clima, midiendo las temperaturas máxima y mínima, la humedad relativa y la evaporación, utilizando termómetros de máxima y mínima, un higrotermógrafo y un tanque evaporímetro "clase A".

La humedad del suelo, en los diferentes tratamientos, se controló por el método gravimétrico y utilizando

tensiómetros; para este fin se elaboró una curva tensión-humedad por el método de Palacios, según lo descrito por Aguilera (1986).

La capacidad de campo del suelo (CC) se determinó por el método directo de la curva humedad vs tiempo. El punto de marchitez permanente (PMP) se determinó por el método biológico reportado por Fernández, según lo descrito por Coras (1987). El control de las humedades correspondientes a los tratamientos se realizó mediante lecturas periódicas de las láminas de agua en el caso del tratamiento ST, y utilizando tensiómetros en los tratamientos SM y CC. En el tratamiento DH se realizó el control de la humedad mediante determinaciones gravimétricas.

Las láminas de riego aplicadas a cada tratamiento se calcularon acorde con los siguientes parámetros: 1) para ST, cuando la lámina de anegamiento descendía a 1 cm se aplicaba una lámina de agua para restablecer el nivel original de 2 cm, lo que correspondía a 550 ml de agua/palma. Cuando las condiciones climáticas provocaban la evapotranspiración de los 2 cm de lámina en 24 h, se reponían aplicando 1.000 ml de agua/palma. 2) en SM, la lámina de agua aplicada se calculó, inicialmente, para una profundidad de suelo efectiva (H) de 25 cm. Cuando la lectura en el tensiómetro durante el curso del trabajo, ascendía a -0,02 MPa, se aplicaba un volumen de 990 ml/palma; posteriormente, la lámina se recalculó para una H de 30 cm, aplicando un volumen de 1.230 ml/palma. 3) en CC, cuando la lectura del tensiómetro ascendía a -0,04 MPa se aplicaba una lámina de agua de 750 ml/palma para una H efectiva de 25 cm, lámina que posteriormente se recalculó para 30 cm de H. aplicándose un volumen de agua de 930 ml/palma. 4) en DH, mediante muestreos gravimétricos periódicos se determinó la humedad equivalente a -0,4 MPa, momento en el que se aplicaba una lámina de agua de 300 ml/palma para restablecer la humedad al rango inicial estipulado para este tratamiento (-0,3 MPa). La Tabla 2

Tabla 2. Control de humedad del suelo.

Tratamiento	Rango de humedad				Lámina de agua ml/palma
	Tensión MPa	Inicial % HPSS*	Final Tensión MPa	Final % HPSS*	
ST	0	33,5	0	33,5	550
SM	-0,01	30,0	-0,02	25,5	1250
CC	-0,03	16,9	-0,04	13,5	930
DH	-0,30	9,6	-0,70	8,5	300

* Porcentaje de humedad con respecto al peso de suelo seco.

indica las humedades y tensiones respectivas en las que permanecían los tratamientos, su rango de humedad para inicio del riego y la lámina de agua a aplicar.

Las láminas de riego a aplicar se calcularon mediante la expresión:

$$m = 100 * H * \alpha * (\delta Tr - \delta Lec)$$

- Donde:
- m = lámina a aplicar (m³/ha)
 - H = profundidad efectiva (m)
 - α = densidad aparente
 - δ Tr = humedad estipulada para el tratamiento (% pss)
 - δ Lec = humedad correspondiente a la lectura del tensiómetro en un tiempo determinado (%pss)

El CRA representa la cantidad de agua que necesita la planta para alcanzar su saturación total y es un indicador excelente del balance hídrico de la planta (Salisbury y Ross 1994; Kramer 1989). Para su determinación se pesaron 10 discos foliares (PF) de 7 mm de diámetro, de la hoja número 2 de la palma, y se colocaron a saturar en 10 ml de agua durante cuatro horas. Posteriormente se secaron con papel absorbente con el fin de retirar el exceso de agua de la superficie, efectuando su pesaje (PM); luego se colocó al horno a 80°C hasta el peso constante (PS).

$$CRA (\%) = \frac{PF - PS \times 100}{PT - PS}$$

La determinación de la temperatura foliar (TF) de las palmas de vivero se realizó con un termómetro infrarrojo de pistola (Telatemp).

La observación microscópica de los estomas se llevó a cabo por medio de una réplica de la epidermis foliar (Slavick 1974; Meidner 1981) obtenida mediante la aplicación de una delgada capa de laca transparente sobre la superficie foliar (El -Sharkawy y Cadena 1984). En las placas con la impronta estomática se identificaron y cuantificaron los estomas abiertos y cerrados, calculando su porcentaje en las distintas horas del día.

De las 06:00 a las 18:00 h se realizó una curva horaria de TF, CRA y apertura estomática en las palmas de los diferentes niveles de humedad del suelo, evaluando estos parámetros en la misma palma cada dos horas. El muestreo se realizó en un total de 12 palmas, correspondientes a las unidades experimentales (3 por tratamiento), en las que se tomaron dos muestras por

palma para apertura estomática, una para CRA y una para TF.

El punto de marchitez permanente (PMP) de las palmas se determinó con la metodología propuesta por Fernández, citado por Coras (1987), utilizando palmas de nueve meses de edad, sembradas en bolsas de vivero de 20 kg de capacidad. Las palmas se dejaron sin riego a partir de la segunda semana de iniciado el trabajo, determinando, cada 15 días, el contenido relativo de agua de discos foliares y el porcentaje de humedad del suelo hasta que mostraron marchitez irreversible.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento climático durante el período del trabajo se puede observar en la parte I. Evapotranspiración en la etapa de vivero (Burgos et al. 1998). La curva diaria del comportamiento estomático (Fig. 1) muestra que en las primeras horas de la mañana, con humedad relativa alta y temperatura baja, las palmas de los tratamientos de mayor humedad en el suelo (ST y SM) presentan menor porcentaje de estomas cerrados. Con el aumento de la temperatura y disminución de la humedad relativa durante el transcurso del día, en SM hay acentuadas fluctuaciones de cierre de estomas, indicando que no existe restricción para el intercambio gaseoso y evapotranspiración debido a su buena disponibilidad de agua en el suelo. En el tratamiento de ST, el cierre estomático es progresivo hasta el final de la tarde, lo cual se explica, posiblemente, porque la sobresaturación del suelo, unida a la elevación de la

temperatura ambiente, puede descompensar la corriente transpiratoria cerrando los estomas.

Según Rees (1960), la palma de aceite cierra los estomas parcial o totalmente conforme se acentúa el déficit hídrico, siendo las altas temperaturas contribuyentes al cierre de éstos cuando las plantas se someten a dichas condiciones.

La Figura 2 muestra las variaciones del estado hídrico de las hojas durante el período del trabajo, observándose que las palmas sometidas a déficit hídrico presentaron menor CRA, desde el inicio de los tratamientos, acentuándose significativamente las diferencias a partir de los 90 días después de iniciados los tratamientos (DDT), lo cual evidencia la deshidratación progresiva de los tejidos foliares de las palmas como consecuencia de la reducción sostenida del potencial hídrico del suelo. A los 150 DDT los tratamientos de saturación total (ST) y media (SM) presentaron CRA mayores de 90 % y significativamente diferentes de los de capacidad de campo (CC) y déficit hídrico (DH). Resultados similares fueron obtenidos por Villalobos et al. (1992) en palmas jóvenes (10 meses), observando una disminución del CRA a medida que se acentuaba el déficit hídrico.

El hecho que a los 150 DDT el CRA haya descendido notoriamente en el tratamiento de CC hasta ser estadísticamente igual al de DH, se debe a que la capacidad de campo fue determinada para el suelo experimental y, muy probablemente, ese nivel de humedad no haya sido suficiente para los requerimientos

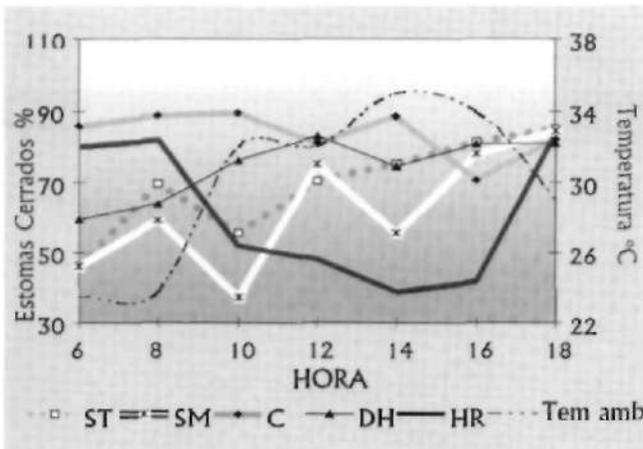


Figura 1. Curva diaria del comportamiento estomático en palmas de vivero sometidas a diferentes niveles de humedad del suelo. Saturación total (ST); saturación media (SM); capacidad de campo (CC); déficit hídrico (DH).

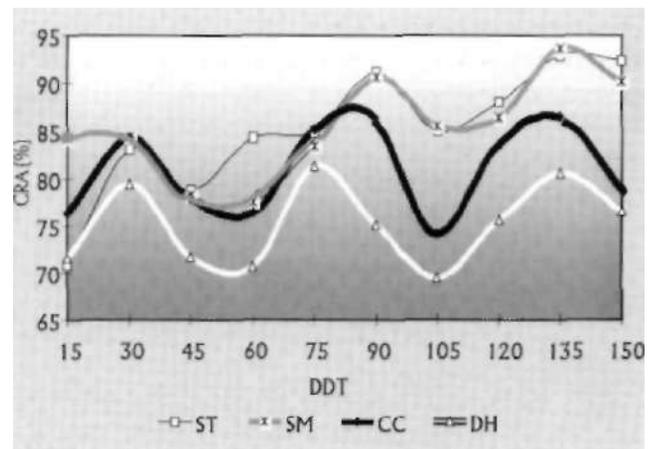


Figura 2. Comportamiento del contenido relativo de agua (CRA) en palmas sometidas a diferentes niveles de humedad del suelo. Saturación total (ST); saturación media (SM); capacidad de campo (CC); déficit hídrico (DH).

fisiológicos de las palmas (Tabla 3). Muchos de los informes contradictorios entre la humedad del suelo y el crecimiento vegetal se deben a que no es posible predecir con exactitud el estrés hídrico de las plantas partiendo de mediciones de estrés hídrico en el suelo.

Al cerrar los estomas, la palma de aceite evita la transpiración excesiva, aunque esto impide la absorción de dióxido de carbono. Se ha estimado que una conductancia estomática inferior a 0,05 cm/s, reduce la tasa fotosintética de la palma de aceite con saturación de luz en 75%. Y que si éstas mantienen el cierre estomático durante 40 días al año, podrían reducir su producción en un 10% (Corley 1982).

La tendencia de los tratamientos de menor disponibilidad de agua (CC y DH) es a permanecer, la mayor parte del día, con un alto porcentaje de estomas cerrados, por su condición de restricción hídrica interna, lo cual no permite tasas de transpiración elevadas con el fin de conservar al máximo el contenido hídrico y disminuir la pérdida de turgencia celular. Resultados similares han sido reportados por varios autores, quienes afirman que el cierre de los estomas puede ampliarse gradualmente con la prolongación de la sequía (Villalobos et al. 1992; Rees 1960, Ochs y Daniel 1982; Hartley 1986; Cayón 1996).

En la Figura 3 se observa que a diferentes niveles de humedad del suelo se presentaron, en horas de la mañana, porcentajes altos de CRA, los cuales disminuyen en el transcurso del día, al aumentar factores de agostamiento hídrico, como son: la temperatura y los

cambios de presión de vapor de aire. A menores temperaturas, el porcentaje hídrico de las plantas aumenta. Se observa también que los tratamientos de mayor disponibilidad de agua en el suelo (ST, SM y CC) mantienen un comportamiento similar a través del día con valores de CRA mayores que el tratamiento de DH, el cual, por su deficiente condición hídrica, manifiesta una pérdida de turgencia, con bajos CRA en las hojas, indicando un estrés hídrico en las palmas.

En la Figura 4 se observa que la temperatura foliar se incrementa en los tratamientos de menor disponibilidad hídrica en el suelo (CC y DH), indicando el grado de estrés en que se encuentran las palmas. Este comportamiento se debe a que la baja disponibilidad hídrica limita la transpiración y la temperatura foliar aumenta, calentándolos por encima de la temperatura ambiente. Los tratamientos de alto contenido hídrico (ST y SM) transpiran y crean una especie de mecanismo de refrigeración de la superficie foliar, manteniéndola a temperaturas similares o menores de la temperatura ambiente.

El CRA existente en las palmas al iniciar las observaciones, para determinar el PMP, fue de 87,26 %, con una humedad existente en el suelo de 13,5% pss. A los 60 días de suspendido el riego se observaron los primeros síntomas de sequía en las palmas, mostrando los folíolos amarillos y flácidos, aunque la emisión de flechas era aparentemente normal; a los 90 días apareció una repentina mancha café en el ápice de las hojas, la cual progresó rápidamente hasta necrosar todas las hojas, considerándose que las palmas habían llegado al

Tabla 3. Medias, anova y prueba de comparación para la variable contenido relativo de agua[%].

Tratamientos	DDT									
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150
Saturación total (ST)	70,85 b**	83,12ab	78,84 a	84,4 a	84,99 ab	91,16 a	85,14 a	88,01 a	92,89 a	92,42 a
Saturación media (SM)	84,36 a	84,43a	78,34 a	77,7 ab	83,51 ab	90,69 a	85,56 a	86,39 ab	93,62 a	90,19 a
Capacidad de Campo (CC)	76,42 b	84,29a	78,06 a	76,52 b	85,21 a	85,9 b	74,21 b	83,65 b	86,59 b	78,99 b
Déficit Hídrico (DH)	71,54 c	79,55b	71,72 a	70,72 c	81,42 b	75,15 c	69,48 b	75,62 c	80,62 c	76,67 b
R ²	0,649	0,351	0,350	0,566	0,339	0,841	0,702	0,704	0,806	0,744
C.V.	7,23	5,43	10,91	8,18	4,59	3,72	7,45	4,60	3,59	5,85
Pr > F	0,0001	0,152	0,155	0,0001	0,205	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

* DDT = días después de iniciado el tratamiento.

** En cada columna, promedios seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5%.

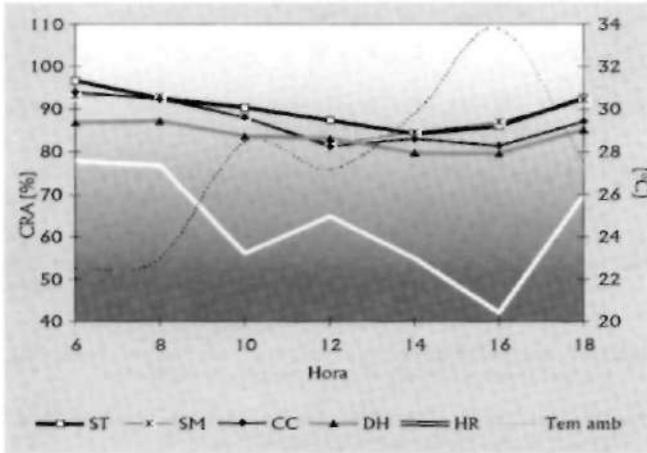


Figura 3. Variación del contenido relativo de agua [CRA] en palmas sometidas a diferentes niveles de humedad del suelo. Saturación total (ST); saturación media (SM); capacidad de campo (CC); déficit hídrico (DH).

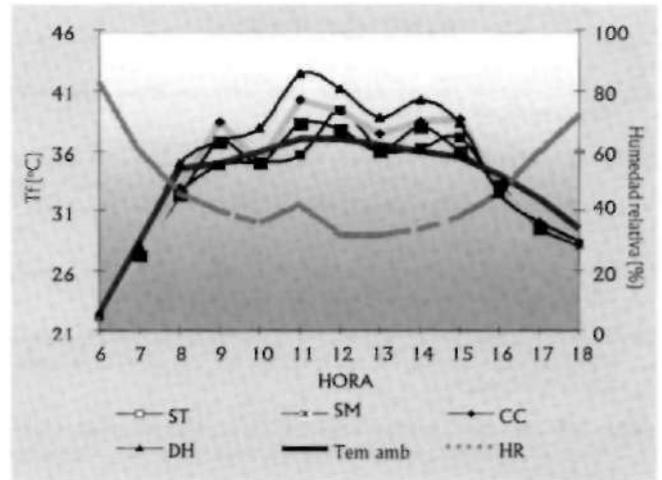


Figura 4. Variación de la temperatura foliar (TF) en palmas sometidas a diferentes niveles de humedad del suelo. Saturación total (ST); saturación media (SM); capacidad de campo (CC); déficit hídrico (DH).

PMP, con valores de CRA de 30.5% y humedad del suelo de 1,6 % pss. Este valor bajo humedad del suelo en la cual se logró el PMP, está indicando que la palma de aceite resiste períodos prolongados de sequía mediante algún mecanismo fisiológico que le permite regular el nivel hídrico de sus tejidos y que el PMP de la palma de aceite, para este tipo de suelo, ocurre cuando el contenido de humedad del mismo es de 1,6% pss.

CONCLUSIONES

- Con una alta disponibilidad de agua en el suelo se observa que la apertura estomática es mayor en horas de la mañana, debido a la presencia de bajas temperaturas y altas humedades relativas, reduciéndose el déficit de presión de difusión y la transpiración de la planta.
- Con una buena disponibilidad de agua en el suelo, en horas del medio día y hacia finales de la tarde, se acentúan las fluctuaciones del cierre de estomas, indicando que no existen restricciones para el intercambio gaseosos y la evapotranspiración.
- El PMP se presenta con un descenso de humedad en el suelo equivalente a un 12% y una disminución del CRA en la planta de un 35%.
- Las plantas resisten períodos prolongados de sequía debido a la eficiencia de sus estomas, los cuales se cierran evitando la pérdida de agua por transpiración, manteniendo el contenido hídrico de los tejidos.
- En presencia de un alto contenido de agua en suelo se observa una mayor transpiración, creándose un mecanismo de refrigeración de la superficie foliar, lo que permite que las temperaturas foliares (TF) sean similares o menores a la temperatura ambiente.
- En condiciones de baja disponibilidad de agua en el suelo, la temperatura foliar (TF) se incrementa indicando el grado de estrés que presenta la planta.
- En palmas jóvenes, el CRA y la TF resultan ser buenos indicadores del déficit hídrico en las plantas y podrían usarse como criterio para riego en la etapa de vivero.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILERA C., M. 1986. Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- BURGOSS, C.; PERDOMOR, R.; MORALES, C.T.; CAYONS, D.G. 1998. Efecto de los niveles de agua en el suelo sobre palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). I. Evapotranspiración en la etapa de vivero. Palmas (Colombia) v.17 no.1, p.
- CALJMAN, J. P. 1992. Palmier à huile et déficit hydrique production, techniques culturales adaptées. Oléagineux (Francia) v.47 no.5, p.205-216.
- CAYONS, D.G. 1996. Fisiología del crecimiento y desarrollo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). En : I Curso Internacional de Palma de Aceite. Memorias. (En edición)
- CORAS, P. M. 1987. Características y propiedades físicas del suelo en relación con el riego. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma de Chapingo, México. p.99-101.
- CORLEY, R. V. H. 1982. Photosynthesis and Productivity. In: R. V. H. Corley; J. J. Hardon, B. J. Wood (Eds.), Oil Palm Research. Elsevier, Amsterdam. p.55-86.
- EL-SHARKAWY, M.A.; CADENA, G. 1984. Stomatal characteristic among cassava cultivars and their relation to gas exchange. Experimental Agriculture (Reino Unido) v.20 no.1, p.67-76.
- HARTLEY, C.W.S. 1986. La palma de aceite. Traducción de E. Maldonado. Compañía Editorial Continental S.A., México D.F. 958 p.
- KRAMER, P.J. 1989. Relaciones hídricas de suelos y plantas: una síntesis moderna. Traducido por J. Tejada. Haria, México. 538p.
- MEIDNER, H. 1981. Measurement of stomatal aperture and responses to stimuli. In: P.G. Jarvis; T.A. Mansfield (Eds.). Stomatal Physiology. Cambridge University Press, Cambridge. p.25-49.
- OCHS, R.; DANIEL, C. 1982. Research on techniques adapted to dry regions. In: R. V. H. Corley; J. J. Hardon; B. J. Wood (Eds.). Oil Palm Research. Elsevier, Amsterdam. p.315-330.
- REES, A.R. 1960. Midday closure of stomata in the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Journal of Experimental Botanic (Reino Unido) v.12, p.129-146.
- SALISBURY, F. C.; ROSS, C.W. 1994. Fisiología Vegetal. Traducción de V. González. Grupo Editorial Iberoamericano, México D.F. 759 p.
- SANTA OLALLA MAÑAS, F.; VALERO, M. 1993. Agronomía del riego. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 540 p.
- SLAVICK, B. 1974. Methods of studying plant water relations. Academia Publishing House of the Czechoslovak Academy of Sciences, Prague. Springer-Verlag, New York. 449p.
- VILLALOBOS, E.; UMAÑA, H.; CHINCHILLA, C. 1992. Estado de hidratación de la palma de aceite, en respuesta a la sequía en Costa Rica. Oléagineux (Francia) v.47 no.5, p.217-222.