

Efecto de niveles de agua en el suelo sobre el crecimiento y desarrollo de palmas de vivero

Effects of the Soil Water Levels on Growth and Development of Nursery Palms

AUTORES

Constanza Burgos S.;

Rodrigo Perdomo R.;

Ingenieros agrónomos, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales - UDCA

Gerardo Cayón S.

Profesor Asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá

Palabras CLAVE

Estrés hídrico, agua del suelo, crecimiento, desarrollo, área foliar, relación de área foliar.

Water stress, soil moisture, growth, development, leaf area, leaf area ratio

Recibido: 24 abril 2007
Aprobado: 30 mayo 2007

Resumen

Se analizaron los efectos de diferentes niveles 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) sobre el crecimiento y desarrollo de palmas de vivero. Las variables altura, emisión de hojas, área foliar y materia seca de las plantas fueron mayores bajo condiciones de saturación media del suelo (SM). El déficit hídrico prolongado afectó drásticamente el crecimiento y desarrollo de las raíces y de la parte aérea de las palmas. La distribución de la materia seca de las palmas, en los diferentes niveles de humedad del suelo, se mantiene constante, indicando que aun bajo condiciones de estrés hídrico, la biomasa se distribuye entre los órganos de la planta de acuerdo con un patrón de crecimiento definido que favorece las raíces o la parte aérea, dependiendo de la época de desarrollo de la planta. En los niveles de alta humedad del suelo, la relación de área foliar (RAF) fue mayor durante las etapas iniciales de crecimiento y disminuyó ligeramente a medida que se incrementó el peso seco total de la planta, mientras que en los niveles más bajos de humedad del suelo se mantuvo constante.

Summary

The effect of different levels of soil moisture (saturation point 0 Mpa, medium water content -0,01 Mpa, field capacity -0,03 Mpa and water deficit -0,3 Mpa) on the growth and development of nursery palms was analyzed. Height, leaf emission rate, leaf area and dry matter variables of the palms were higher under soil medium moisture content conditions. Prolonged water deficit drastically affected the growth and development of roots and above-ground parts of the palms. The distribution of dry matter at different levels of soil moisture remained constant, which indicates that, even under water stress conditions, the biomass is distributed among plant parts in accordance with a defined growth pattern that favors either the roots or the above ground parts of the plant, depending on its development stage. At high levels of soil moisture, the leaf area ratio was higher during the initial growth stages and declined slightly as the plant's total dry weight increased, while at the lower levels of soil moisture, the leaf area ratio remained constant.

Introducción

En lo fundamental, el crecimiento y desarrollo de la palma de aceite dependen del porcentaje de radiación solar interceptada por las hojas, de la tasa de conversión de radiación en materia seca, y de la partición de la materia seca entre el crecimiento vegetativo y los racimos producidos (Squire y Corley, 1987). La disponibilidad de agua en el suelo y la energía solar ejercen influencia y controlan directamente los principales procesos fisiológicos y bioquímicos de la fotosíntesis y la respiración, afectando el crecimiento y desarrollo de las plantas. La respuesta de un cultivo al déficit de humedad del suelo depende del grado de estrés y del estado de crecimiento durante el cual ocurre ese faltante (Ike, 1986; Ephrath y Hesketh, 1986).

Debido a las condiciones del clima y los suelos de los Llanos Orientales, los cultivos de palma de aceite permanecen saturados durante la época de lluvias (ocho meses), durante la época seca (cuatro meses) se aplica riego suplementario. La situación de exceso de agua en el suelo durante períodos tan prolongados, puede estar afectando las etapas de crecimiento de las palmas. Por ello, sumado a la importancia del cultivo en la Zona Oriental, se consideró necesario estudiar bajo condiciones controladas las relaciones hídricas del complejo suelo-planta-ambiente, con el objetivo de analizar la influencia de diferentes niveles de humedad del suelo sobre el crecimiento y desarrollo de la palma de aceite, evaluar el desempeño de los índices de crecimiento y determinar el comportamiento de los parámetros indicadores de estrés hídrico en palmas de vivero.

Materiales y métodos

El trabajo se llevó a cabo bajo condiciones controladas (vivero bajo cubierta plástica) en la plantación Unipalma, municipio de Cumaral (Meta), Colombia,

a 305 msnm y con 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 Ténera (D X P) de seis meses de edad, proveniente de la plantación Las Flores, en Codazzi (Cesar). Se utilizó el diseño experimental de Bloques Completos al Azar, con cuatro tratamientos, cinco repeticiones y 20 unidades experimentales (12 palmas cada una), para un total de 240 palmas (Tabla 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; por tanto, la fuerza de succión es nula (0 MPa).

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 de -0,01 MPa.

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.

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

Inicialmente se realizaron análisis completos del suelo y de la calidad del agua de riego disponible en el vivero experimental, para su manejo posterior. 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 de manera uniforme para todos los tratamientos, al igual que las prácticas agronómicas necesarias. El suelo utilizado en las bolsas del

Tabla 1. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Tensión (Mpa) *	Descripción
Saturación total (ST)	0	Anegación, 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 punto de marchitez permanente.

*Mpa = Megapascal



vivero fue de textura franco–arcillosa, con bajo contenido de materia orgánica (2,1%), y pH moderadamente ácido (5,5).

La humedad del suelo se monitoreó en los diferentes tratamientos 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 control de las humedades correspondientes a los tratamientos se realizó mediante lecturas periódicas de las láminas de agua en el tratamiento ST, con tensiómetros en los tratamientos SM y CC, y mediante determinaciones gravimétricas en el tratamiento de déficit hídrico permanente (DH).

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 agua palma⁻¹. Cuando las condiciones climáticas provocaban la evapotranspiración de los 2 mm de lámina en 24 horas, se reponían aplicando 1.000 ml agua palma⁻¹. 2) En SM, la lámina de agua aplicada se calculó inicialmente para una profundidad de suelo efectiva (H) de 25 cm. Cuando una lectura en el tensiómetro durante el curso del trabajo descendía a -0,02 MPa, se aplicaba un volumen de 1.230 ml palma⁻¹. 3) En CC, cuando la lectura del tensiómetro descendía a -0,04 MPa, se aplicaba una lámina de agua de 750 ml palma⁻¹, para una H efectiva de 25 cm; esta lámina posteriormente se recalculó para 30 cm de H, aplicándose un volumen de agua de 930 ml palma⁻¹. 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⁻¹, para restablecer la humedad al rango inicial estipulado para este tratamiento (-0,3 MPa). La Tabla 2 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 por 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⁻¹)
- H = profundidad efectiva (m)
- α = densidad aparente
- δTr = humedad estipulada para el tratamiento (% pss)
- δLec = humedad correspondiente a la lectura del tensiómetro en un tiempo determinado (% pss).

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”.

Cada 30 días se tomaron cinco palmas por tratamiento, determinándose altura y número de hojas emitidas; fueron extraídas de las bolsas, lavadas y disecadas en hojas, pecíolos, bulbo basal y raíces; posteriormente, fueron colocadas en un horno de circulación forzada a 85 °C por 24 horas, hasta obtener peso seco constante. Para la determinación del área foliar (AF), se tomó el peso seco foliar total de la palma (PSFT), junto con una muestra foliar de área conocida (AFm) tomada en el momento del muestreo destructivo que se llevó a peso seco (PSm). El área

Tabla 2. Control de humedad del suelo

Tratamiento	Inicial		Final		Lámina de agua ml palma ⁻¹
	Tensión MPa	% HPSS*	Tensión MPa	% HPSS*	
ST	0	33,5	0	33,5	550
SM	- 0,01	30,0	- 0,02	25,5	1.250
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.

foliar se calculó mediante la expresión $AF = (AFm \times PSFT) / PSm$.

Con estos datos se determinó la relación de área foliar (RAF):

$$RAF = AF / W \quad AF = \text{Área foliar (cm}^2\text{)}$$

$$W = \text{Peso seco total de la planta (g)}$$

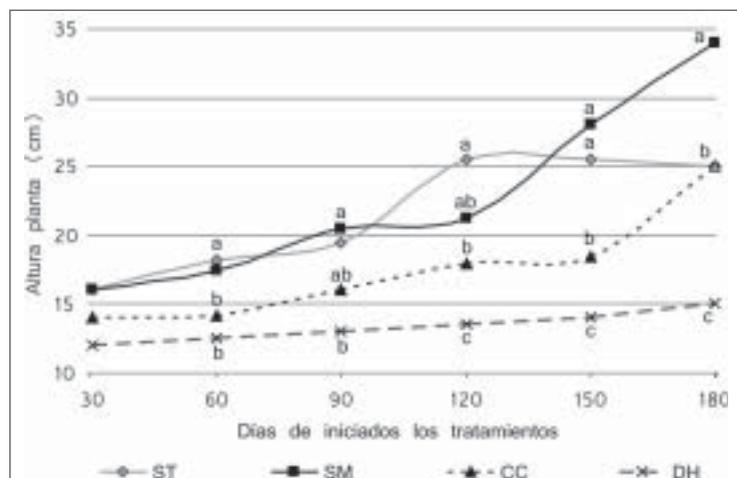
Los datos generados fueron sometidos a análisis de varianza, y las medias se compararon mediante la prueba de rango múltiple de Scheffee ($P < 0,05$), utilizando el programa estadístico SAS.

Resultados y discusión

Bajo las condiciones controladas del vivero, la HR media fluctuó entre 56,1 y 65,3%, la HR máxima entre 85,8 y 90,6%, y la HR mínima entre 25,3 y 40,7%. La temperatura media varió entre 27 y 30 °C, la máxima entre 36 y 41 °C y la mínima entre 21 y 23 °C, destacándose la gran diferencia diaria entre la máxima y la mínima, que fue mayor de 15° C. Los valores semanales de evaporación fluctuaron entre un máximo de 4,9 mm y un mínimo de 1,8 mm. (Burgos *et al.*, 1998 a).

Altura de la planta

El crecimiento en altura fue afectado al someter las palmas a diferentes niveles de humedad del suelo



Puntos con letras iguales en la misma época no difieren estadísticamente, según la prueba de Scheffe ($P < 0,05$).

Figura 1. Efecto de diferentes niveles de agua en el suelo sobre la altura de la planta. Saturación total (ST); saturación media (SM); capacidad de campo (CC); déficit hídrico (DH).

(Figura 1). En las diferentes épocas, la altura fue mayor en los tratamientos de saturación total (ST) y saturación media (SM), que se caracterizaron por mantener un alto contenido de agua en el suelo, y menor en los de capacidad de campo (CC) y déficit hídrico (DH). Bajo condiciones de ST y SM, la altura aumentó a una tasa normal hasta los 120 días después de iniciados los tratamientos de riego (DDT); pero a partir de ahí, la tasa se incrementó en SM y se redujo en ST, lo cual se debió posiblemente a que el exceso de agua en el suelo sobresaturado produjo un estrés fisiológico generalizado, que detuvo el crecimiento de las palmas. En CC las palmas crecieron con la misma tendencia de SM, pero la altura fue menor durante todas las épocas, mientras que el déficit hídrico (DH) afectó severamente el crecimiento. Las diferencias de altura entre los tratamientos son significativas a partir de los 90 DDT, con mayores valores en ST, SM y CC. A los 180 DDT, las palmas desarrolladas bajo SM presentaron una altura significativamente superior, indicando que este nivel de agua en el suelo genera condiciones hídricas más favorables para su desarrollo; la baja altura final (180 DDT) alcanzada por las palmas en ST confirma que el exceso de agua reduce significativamente el crecimiento de las palmas.

Número de hojas

Durante el período estudiado, la emisión de hojas fue mayor en los tratamientos de mayor contenido de agua (ST y SM), en comparación con el tratamiento de CC (Figura 2); el tratamiento DH presenta una notable reducción a partir de 90 DDT, debido al secamiento y la muerte de las hojas viejas acompañado de un retardo en la apertura de hojas flechas por la sequía. Las diferencias entre las tasas de emisión son significativas desde los 60 DDT, cuando el tratamiento de DH presenta una reducción acentuada de la emisión foliar; en las épocas posteriores, los tratamientos ST, SM y CC mantuvieron un comportamiento similar hasta 180 DDT, siendo las palmas de SM las de mayor número de hojas. Sanjines (1987) reporta efectos similares en palma de aceite



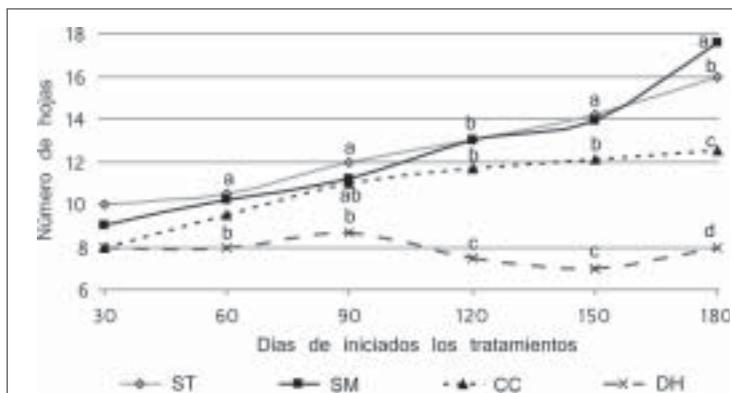
donde la sequía reduce la emisión de hojas y retarda la apertura de las mismas. En palmas de un mismo origen genético, la producción de hojas se ve disminuida en regiones donde la disponibilidad hídrica es baja (Surre y Ziller, 1963).

Peso seco de raíces

La acumulación de materia seca en las raíces fue notablemente disminuida por acción del déficit hídrico (Figura 3). Las raíces del tratamiento ST muestran aumento del peso seco hasta 120 DDT, disminuyendo luego debido a las mismas condiciones de anegamiento, las cuales, por causar pudrición y muerte de raíces, hicieron que la materia seca disminuyera. Bajo condiciones de SM, el incremento de peso seco en las raíces fue relativamente constante hasta 180 DDT. En CC y DH la acumulación de materia seca en las raíces fue significativamente menor. Las diferencias en el crecimiento de las raíces son significativas a partir de 120 DDT, y al final del período (180 DDT) las raíces de las palmas con suficiente humedad del suelo (ST, SM) presentaron mayor peso seco. Según Hsiao (1973), el déficit hídrico en las plantas durante los períodos vegetativo y reproductivo provoca una serie de efectos morfofisiológicos y metabólicos, de los cuales uno de los más inmediatos es la reducción en la tasa de crecimiento por elongación, que perjudica todos los órganos de la planta. El exceso o deficiencia de agua en el suelo limitan el crecimiento y funcionamiento de las raíces, pero si la deficiencia hídrica es prolongada y el contenido de agua en el suelo se aproxima al porcentaje de agotamiento permanente, se interrumpe el crecimiento de las raíces (Kramer, 1989).

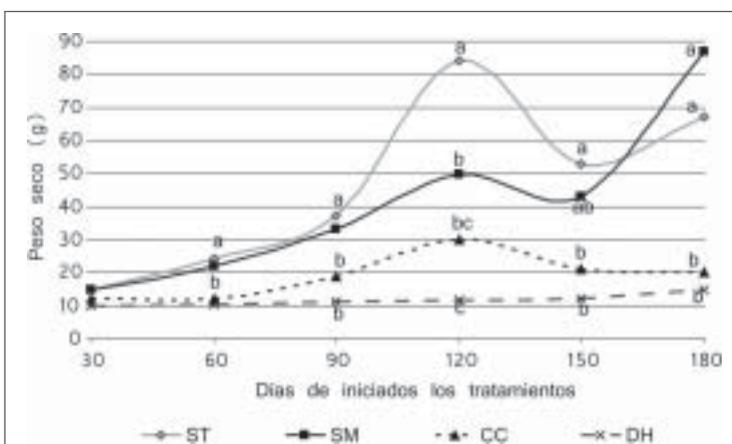
Peso seco aéreo

La Figura 4 muestra que el patrón de crecimiento de la parte aérea de las palmas (hojas, pecíolos y bulbo basal) fue influenciado por la disponibilidad de agua en el suelo. En ST y SM la dinámica de aumento del peso seco de las palmas fue similar, pero a los 180



Puntos con letras iguales en la misma época no difieren estadísticamente, según la prueba de Scheffe ($P < 0,05$).

Figura 2. Efecto de diferentes niveles de agua en el suelo sobre la emisión de hojas. Saturación total (ST); saturación media (SM); capacidad de (CC); déficit hídrico (DH).



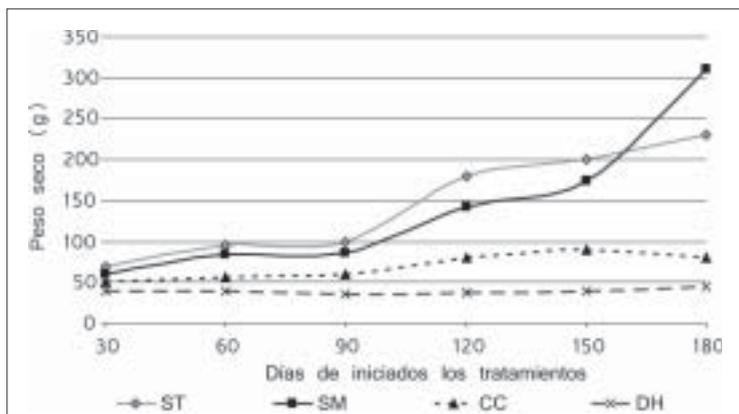
Puntos con letras iguales en la misma época no difieren estadísticamente, según la prueba de Scheffe ($P < 0,05$).

Figura 3. Efecto de diferentes niveles de agua en el suelo sobre el peso de raíces de palma de aceite. Saturación total (ST); Saturación media (SM); capacidad de campo (CC); déficit hídrico (DH).

DDT las de ST presentaron la mayor biomasa aérea; bajo CC y DH, el aumento de la materia seca fue reducido drásticamente debido a que el crecimiento de los órganos aéreos fue restringido por la baja humedad del suelo, afectando el contenido hídrico de la planta y retardando los procesos de elongación y división celulares.

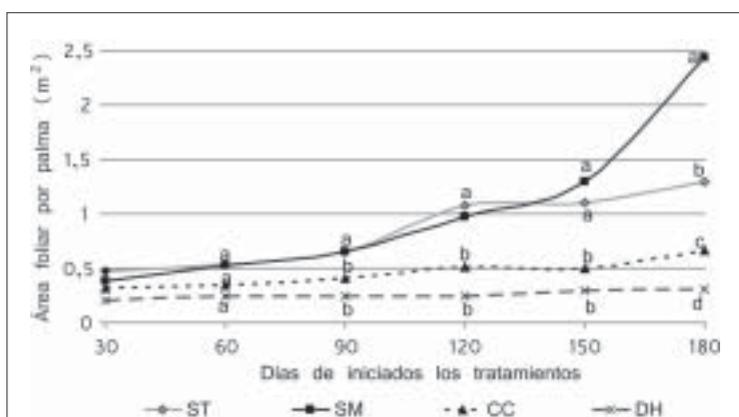
Área foliar

El área foliar también fue afectada por la reducción de los niveles de humedad del suelo (Figura 5); los



Puntos con letras iguales en la misma época no difieren estadísticamente, según la prueba de Scheffe ($P < 0,05$).

Figura 4. Efecto de diferentes niveles de agua en el suelo sobre el peso aéreo en palma de aceite. Saturación total (ST); Saturación media (SM); capacidad de campo (CC); déficit hídrico (DH).



Puntos con letras iguales en la misma época no difieren estadísticamente, según la prueba de Scheffe ($P < 0,05$).

Figura 5. Efecto de diferentes niveles de agua en el suelo sobre el área foliar en palma de aceite. Saturación total (ST); Saturación media (SM); capacidad de campo (CC); déficit hídrico (DH).

efectos más drásticos se presentaron en los niveles de menor contenido de agua (CC y DH), donde el desarrollo del área foliar a través del tiempo fue mínimo, debido a que por condiciones de baja humedad, la planta reduce notablemente la emisión y la expansión de hojas; sin embargo, bajo condiciones de mayor humedad (ST y SM), las hojas incrementaron notablemente el área, especialmente en el tratamiento de SM, que a los 180 DDT presentó un valor significativamente superior. El primer efecto del déficit hídrico es la disminución del área foliar, ocasio-

nada por una reducción del crecimiento por elongación (Boyer, 1970; Hsiao, 1973; Hsiao y Acevedo, 1974). Cuando el área foliar es disminuida, puede haber limitación en la asimilación de CO_2 por el cierre de los estomas debido al déficit hídrico. Así, la fotosíntesis es limitada por el agua a causa del retardo en la expansión foliar y la restricción en la captación de CO_2 . En consecuencia, se debe esperar una reducción en la materia seca de todos los órganos de la planta, una vez que el aprovechamiento de la energía luminosa disminuye, en razón de una menor área foliar para la captación y absorción de la radiación solar (Boyer, 1970).

Distribución de la materia seca

La Figura 6 muestra la distribución de la materia seca en las palmas a los 180 días de iniciados los tratamientos de riego; se aprecia que las hojas presentan mayor proporción del peso seco total de la planta que el bulbo basal y las raíces, lo cual indica que gran parte de la biomasa producida por la planta es utilizada para construir el aparato asimilatorio. En muchas plantas, en condiciones de déficit hídrico, se presentan diferencias en el reparto de la materia seca entre raíces y parte aérea (Azcon-Bieto y Talon, 1996), por lo cual, en determinadas circunstancias experimentales, es importante conocer la manera como la biomasa producida se distribuye entre los órganos de la planta, para poder comparar el crecimiento de cada

órgano con respecto al crecimiento total de la planta. Estas relaciones alométricas tienen un gran significado ecológico y morfogénico, indicando, por ejemplo, la contribución de las reservas almacenadas en las raíces para el crecimiento de la parte aérea.

En la Figura 7 se observa que el efecto más drástico del déficit hídrico es la reducción del peso seco de los órganos de las palmas. Cabe resaltar que las palmas que permanecieron en condiciones de capacidad de campo (CC) del suelo de las bolsas, también fueron afectadas drásticamente en su peso seco, lo



cual sugiere que el contenido de humedad a CC no fue suficiente para el crecimiento normal de las palmas, porque no alcanzó a cubrir los requerimientos fisiológicos óptimos de la planta. 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, porque es la misma planta la que regula sus necesidades hídricas y el suelo debe suministrárselas (Burgos *et al.*, 1998 b). Aunque el déficit hídrico reduce significativamente el peso seco de las raíces y la parte aérea, la distribución porcentual de la materia seca en la palma (relación alométrica) en los diferentes niveles de humedad del suelo se mantiene constante (Figura 6), y lo variable entre los tratamientos es la cantidad de materia seca de los órganos.

Relación de área foliar (RAF)

Es la relación entre el área foliar y el peso seco total de la planta, y expresa la cantidad de materia seca que es convertida en lámina foliar durante el crecimiento de la planta. Es un parámetro fisiológico muy apropiado para estimar el efecto del suministro de agua en las plantas; valores más altos indican que mayor proporción de la materia seca de las plantas se encuentra en las hojas, siendo un indicador de la dimensión relativa del aparato asimilatorio. En los niveles de ST y SM, la RAF es mayor durante las primeras etapas de crecimiento, cuando la palma desarrolla rápidamente el sistema foliar; disminuye ligeramente a medida que aumenta el peso seco total de la palma, y se mantiene relativamente constante hasta 180 DDT (Figura 8). En los niveles más bajos de humedad del suelo (CC y DH), la RAF se mantiene constante durante el período porque, en esas condiciones, el aporte de materia seca hacia las hojas no es significativo, debido a la reducción drástica del proceso general de crecimiento. El déficit hídrico es el factor más importante causante

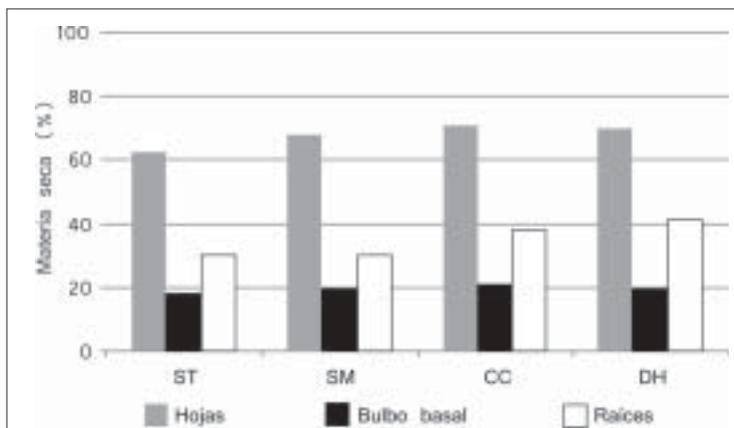


Figura 6. Efecto de diferentes niveles de agua en el suelo sobre la distribución de la materia seca en palmas de vivero. Saturación total (ST); Saturación media (SM); capacidad de campo (CC); déficit hídrico (DH).

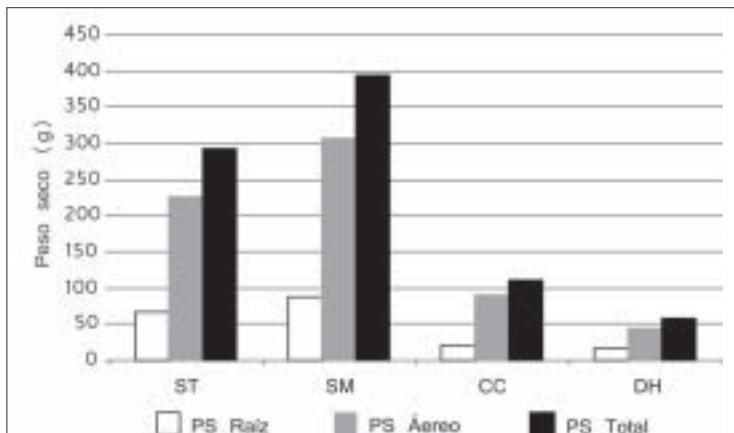


Figura 7. Efecto de diferentes niveles de agua en el suelo sobre el peso de la materia seca en palmas de vivero. Saturación total (ST); Saturación media (SM); capacidad de campo (CC); déficit hídrico (DH).

de la reducción en el crecimiento de las plantas y, en general, los mecanismos fisiológicos que permiten mayor tolerancia a la sequía, ocasionan al mismo tiempo una reducción en la capacidad de producción de los cultivos.

Conclusiones

- Durante la etapa de vivero, el crecimiento la palma de aceite es muy dependiente de la disponibilidad de agua en el suelo, y su escasez prolongada puede restringir el proceso.
- La altura, la emisión de hojas, el área foliar y la materia seca de las palmas de vivero son mayores bajo condiciones de saturación media (SM) del

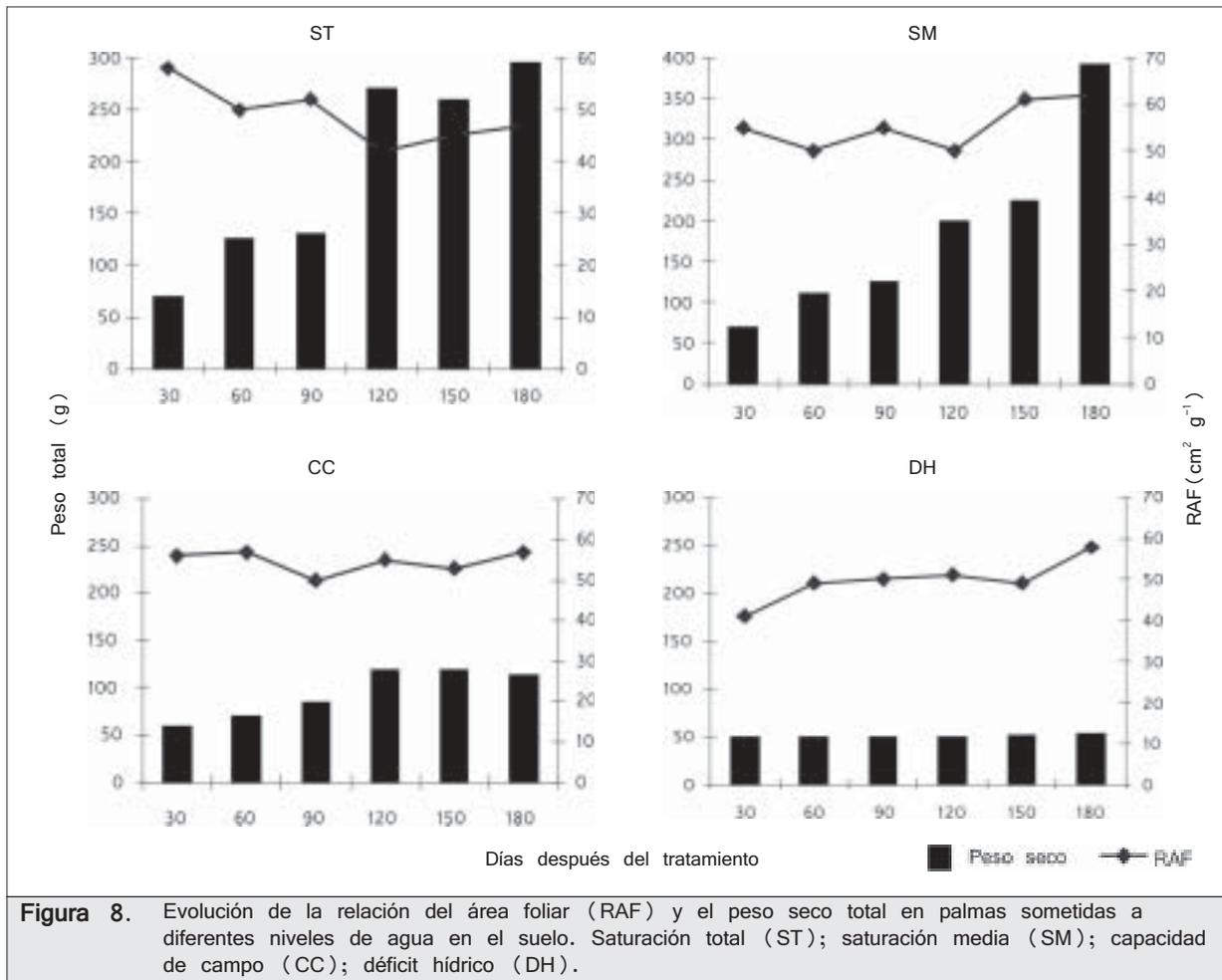


Figura 8. Evolución de la relación del área foliar (RAF) y el peso seco total en palmas sometidas a diferentes niveles de agua en el suelo. Saturación total (ST); saturación media (SM); capacidad de campo (CC); déficit hídrico (DH).

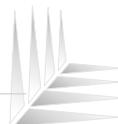
suelo de las bolsas. El déficit hídrico prolongado durante la etapa de vivero afecta drásticamente el crecimiento y desarrollo de las raíces y la parte aérea de las palmas.

- Aun bajo condiciones de déficit hídrico, la distribución de la materia seca entre los órganos de la planta se mantiene constante, indicando que la biomasa es distribuida de acuerdo con un patrón de crecimiento definido, que favorece las raíces o la parte aérea dependiendo de la época de desarrollo de la palma.

- La condición de capacidad de campo del suelo no coincide con los requerimientos fisiológicos óptimos de la planta, por lo cual no es posible predecir con exactitud el estrés hídrico de las plantas partiendo de mediciones de déficit hídrico en el suelo.

Agradecimientos

Los autores agradecen al personal directivo, técnico y auxiliar de la plantación Santa Bárbara - Unipalma por todo el apoyo recibido para la realización de esta investigación.



Bibliografía

- Aguilera, M. 1986. Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Azcon-Bieto, J; Talon, M. 1996. Fisiología y bioquímica vegetal. McGraw-Hill, Madrid. 581 p.
- Boyer, J.S. 1970. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower at various leaf water potential. *Plant Physiology* 46: 223-235.
- Burgos S., C; Perdomo R., R; Morales, C.T; Cayón S., D.G. 1998 a. Efecto de los niveles de agua en el suelo sobre la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). I. Evapotranspiración en etapa de vivero. *Palmas* (Colombia) 17 (1): 17-23.
- Burgos S., C; Perdomo R., R; Morales, C.T; Cayón S., D.G. 1998 b. 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. *Palmas* (Colombia) 19 (2): 37-44.
- Ephrath, J.E; Hesketh, J.D. 1986. The effects of drought stress on leaf elongation, photosynthetic an transpiration rates in maize (*Zea mays* L.) leaves. *Photosynthetica* 25: 607-619.
- Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stress. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24: 519-570.
- Hsiao, T.C; Acevedo, E. 1974. Plant responses to water deficits, water use efficiency and drought resistance. *Agric. Meteorol.* 14: 59-84.
- Ike, I.F. 1986. Effects of soil moisture stress on growth and yield of spanish variety peanut. *Plant Soil* 96: 297-298.
- Kramer, P.J. 1989. Relaciones hídricas de suelos y plantas: una síntesis moderna. Traducido por J. Tejada. Harla, México. 538 p.
- Sanjines O., A. 1987. Efecto del riego y la sequía en el crecimiento, floración y producción de la palma africana. *Palmas* (Colombia) 8 (1): 59-62.
- Squire, G.R; Corley, R.H.V. 1987. Oil palm. In: M.R. Sethuraj; A.S. Raghavendra (Eds.). *Tree crops physiology*. Elsevier Science Publisher, Amsterdam. pp. 141-167.
- Surre, C; Ziller, R. 1969. La palmera de aceite. Palomeque, F. (Trad.). Blume, Barcelona. 231 p.