

Mantenimiento de la fertilidad física de los suelos de cultivo de palma africana en las regiones tropicales húmedas*

J.P. Caliman (1), J. Concaret (2), J. Olivin (3), F. Dufour (4) 1

INTRODUCCION

En Costa de Marfil se han registrado reducciones en la producción en las zonas de renovación de cultivos después de erradicar la primera generación de palmas. Este fenómeno se ha observado en la plantación R. 'Michaux (IRHO), en la sabana de Dabou, al sur del país. No obstante, no se ha detectado en las primeras siembras ni en las plantaciones pequeñas.

Los suelos de Dabou se desarrollaron en arenas terciarias y la formación abarca una gran parte del sur de Costa de Marfil.

Aunque el análisis de este fenómeno no ha revelado ningún problema fisiológico ni fitopatológico, Dufour (1985) anotó que los suelos presentan irregularidades estructurales poco profundas que reflejan en mayores densidades aparentes que las del resto del perfil.

De hecho, el fenómeno se presenta en muchos perfiles donde se cultiva la palma africana y parece ser que éstos forman una barrera que impide la penetración vertical de la raíz.

Los horizontes son bastante evidentes en las interlíneas de siembras anteriores, es decir en las zonas afectadas por el constante paso de maquinaria. Por el contrario, son tenues o inexistentes en las barreras, cuando se utiliza el sistema de amontonar el material vegetal en hileras o barreras.

Lo anterior sugiere que, al menos en parte, el fenómeno está vinculado a la mecanización, que genera apisonamiento y compactación. Este tipo de degradación se observa en algunas plantaciones de palma africana de Africa Occidental (Benin, Camerún), donde se emplean medios mecánicos para la preparación de la tierra y el mantenimiento, sin el cuidado necesario (maquinaria pesada y suelos demasiado húmedos) Quencez, 1988).

En los últimos años se han emprendido investigaciones encaminadas a establecer las causas e importancia de estas irregularidades y a encontrar soluciones viables desde el punto de vista técnico y económico.

EL MEDIO AMBIENTE NATURAL

La plantación de Dabou fue establecida en suelos terrálticos en extremo desaturados, cuya granulometría se caracteriza por un alto contenido de arena (del 89% con un 55% de arena gruesa). La cantidad de arcilla (principalmente caolinita) oscila entre el 10% en el horizonte de la superficie y el 20% a mayor profundidad (aproximadamente 1 m). El contenido de limo es muy bajo. Los experimentos

de infiltración registran una considerable lixiviación de silicio e hidróxido de hierro y aluminio, y el pH desempeña un papel importante en este aspecto (Guyot y colaboradores, 1985). Generalmente, éste es de menos de 5 en un ambiente natural. Según Delval (1981), el cultivo de palma africana tiende a incrementar la acidez.

Las arenas terciarias han formado una meseta baja cortada por una serie de perfiles longitudinales de profundidad variable, cuyos lados son muy susceptibles a la erosión.

Las condiciones climáticas se caracterizan por una precipitación anual promedio de 1.800 mm, distribuidos en épocas de lluvia cortas y prolongadas. La

Tomado de: *Oléagineux*, Vol. 45 No. 3 - Marzo 1990. Traducción Fedepalma.

1. Estación R. Michaux, B.P.S. Dabou, Costa de Marfil
2. Estación de Agronomía, INRA, Dijon, Francia
3. IRHO/CIRAD, B.P. 5035, 34032 Montpellier, Francia.
4. IRHO/CIRAD, 11 Plaza Petrarque, 75116 Paris (Francia)

temperatura anual promedio es de 25.8 C, con ligeras variaciones según la época del año.

IRREGULARIDADES OBSERVADAS

En los suelos

Los trabajos realizados en Dabou se concentran en primer lugar en las observaciones y mediciones encaminadas a complementar la información existente.

Con el fin de identificar los horizontes afectados dentro del perfil y cuantificar el fenómeno, se utilizó la penetrometría. Esta técnica permite ampliar las variaciones de la densidad del suelo (Billot, 1986) y consiste en medir la energía que se requiere para que un cono calibrado, unido al extremo de una varilla, penetre en el suelo.

Se utiliza un penetrómetro estático, como el que describen los manuales Orstom (1973). La denominada fórmula "holandesa" permite que la resistencia a la penetración se exprese en bar, sobre la base de la profundidad a la cual llega el penetrómetro cada vez que se deja caer la sonda:

$$R = A \times I / E$$

R = resistencia (bar)

E = penetración

A = coeficiente del penetrómetro

$$A = 0.981 \times p \times H / (2 \times P \times S)$$

p = peso del cono (kg)

P = peso del instrumento ensamblado

H = altura desde la cual se deja caer la sonda

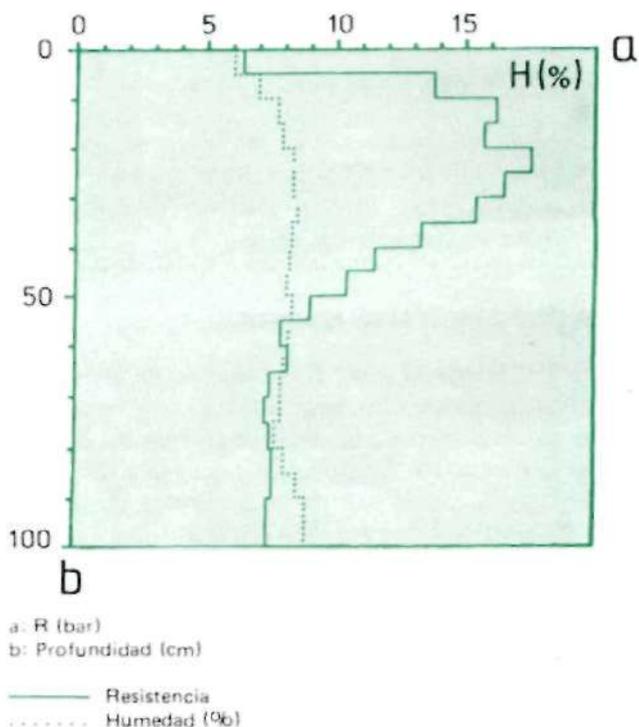
S = corte transversal del cono (cm²)

Los datos obtenidos se analizaron agrupando las observaciones en tramos de 5 centímetros. En un estudio de muestra se identificó el número de mediciones que se requieren para caracterizar un sitio dado: con 5 o 6 perfiles se logra un margen de error de menos del 10%. Además, se emprendió un estudio metodológico en diversas situaciones (Rey, 1987), en el cual se demostró que solamente se necesitan 25 perfiles de resistencia para caracterizar las zonas consideradas homogéneas según la información disponible, independientemente del área, con un margen de error lo suficientemente preciso (20%). En todos los casos es importante efectuar las observaciones al mismo nivel de humedad, con el fin de obtener valores comparables.

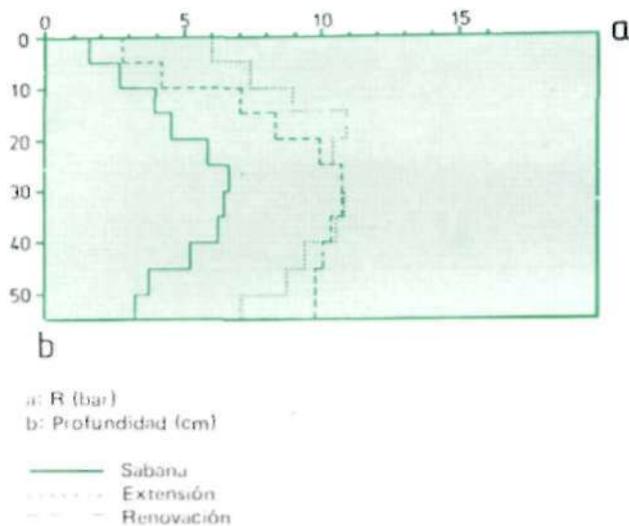
Las mediciones permitieron la verificación directa, sobre el perfil al nivel natural de humedad, de la presencia y espesor de la capa afectada. Esta operación aparece ilustrada en un ejemplo (Gráfica 1) que muestra los perfiles de resistencia en una interlínea de una plantación de palma africana después de la erradicación.

Estos estudios penetrométricos se efectuaron en diferentes condiciones naturales y de cultivo, con el objeto de verificar la incidencia de esta situación en la evolución física de los perfiles. Por consiguiente, en lo referente al tipo más común de suelo, al comparar los resultados obtenidos en la sabana y en condiciones de renovación (11 años de edad), a una humedad similar, en los primeros 50 centímetros se observan amplias variaciones en la resistencia a la penetración (Gráfica 2). Al realizar el mismo experimento en plantaciones de primera generación, se demostró la rapidez con el cual se desarrollan las irregularidades (palmas de 11 años).

Parece ser que el problema en este caso es el apisonamiento con una concentración de elementos que constituyen las fracciones granulométricas inertes, las cuales, dado el tamaño de los elementos y su relativa uniformidad, generan una porosidad limitada y prácticamente inaccesible. Lo anterior debe verificarse utilizando técnicas de micromorfología.



Gráfica 1. Penetrometría en las interlíneas.



Gráfica 2. Resistencia a la penetración. Humedad: 10-11% PS

En el enraizamiento

Las irregularidades de cultivo observadas sistemáticamente van unidas a un limitado enraizamiento a mayor profundidad y las raíces que atraviesan el horizonte compacto son muy pocas (ver Gráfica 6).

La técnica empleada para estos perfiles radiculares es el barreno "holandés" fabricado por Eijelkamp (Holanda). Este instrumento permite obtener muestras cilíndricas del suelo de 8 cm de diámetro y la profundidad del muestreo varía según el material disponible. El método prácticamente no afecta las palmas y casi no rompe el suelo, lo que significa que se pueden tomar varias muestras.

TECNICAS CORRECTIVAS

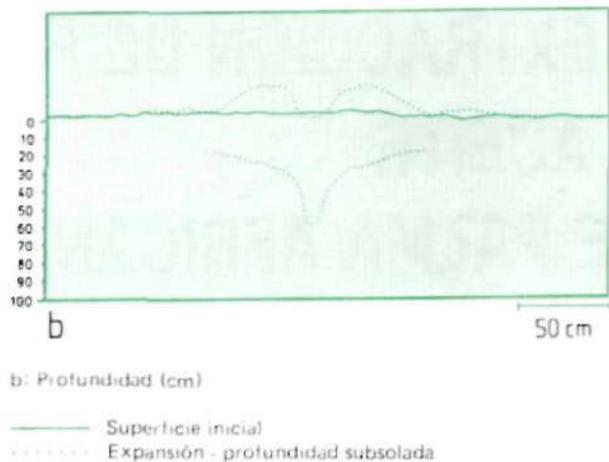
En 1983, Dufour intentó alojar la capa compacta mediante subolado, utilizando un subsolador o "ripper" -de tres ganchos de 80 cm de longitud, a una distancia de 1 metro cada uno.

Este experimento presenta los siguientes problemas:

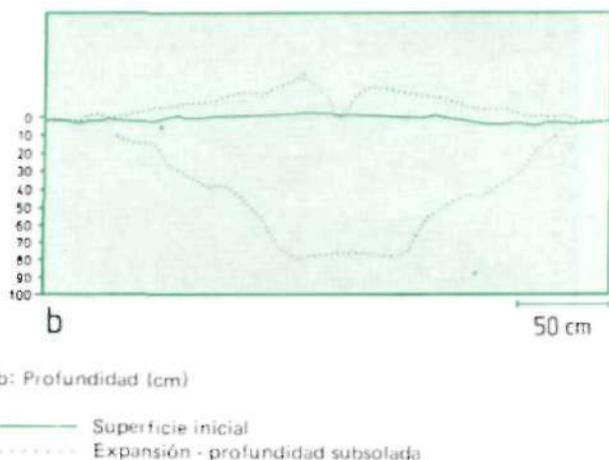
- Las raíces se enredan en los ganchos;
- El suelo no afloja la superficie ya que en los últimos 10 a 15 cm de profundidad escasamente se voltea el suelo. Este fenómeno ha sido descrito en la literatura relacionada con este tipo de ganchos (profundidad crítica: Spoor, 1976; Coquille y colaboradores, 1984). En este caso,

el volumen de suelo subsolado está en el orden de 0.36 /metro líneal/grancho, a una profundidad efectiva de 60 cm (Gráfica 3).

Con el fin de mejorar el resultado, se utilizaron ganchos en forma de cuchilla, como los que describe Coquille (1984), precedidos por un arado de disco capaz de cortar la raíz. Los ganchos iniciales se alargaron y se les cambió la forma (1 m y una ligera curvatura). Se montaron dos ganchos en la barra de tiro de un bulldozer, lo cual permite trabajar a una profundidad de 80 cm., con un volumen de movimiento de tierra de 1.15 m³/1m/grancho (Gráfica 4). El subolado de dos hileras a una distancia de 1 metro descarta la posibilidad de que entre los ganchos queden zonas cerca de la superficie sin remover. En el área subsolada se ven partes en las



Gráfica 3. Resultado del subolado - Gancho recto



Gráfica 4. Resultado del subolado - Gancho en founa de cuchilla

cuales el limo fino rellena las zonas sueltas y los bloques laterales se desplazan y se quiebran, lo cual conduce a la formación de agregados más gruesos.

El primer ensayo se realizó en 1985 en 12 hectáreas donde se había erradicado una plantación de 30 años de edad. El ensayo, comprendía 6 bloques en los cuales se comparaban las parcelas subsoladas y las testigo con 72 palmas sembradas en la parcela elemental. El subsolado se efectuó en la franja de siembra (es decir aproximadamente en el 50% del área). El diseño se hizo de tal manera que el subsolado siguiera las curvas de nivel de la manera más exacta posible, con el fin de reducir el riesgo de erosión (Caliman y colaboradores, 1987).

Así mismo, se está estudiando el uso de correctivos en áreas más pequeñas, en un intento por estabilizar la estructura que se obtiene después del subsolado. Se están estudiando cuatro tasas: 0, 2, 5 y 10 toneladas/hectárea.

El producto utilizado es fosfoyeso, cuya composición es la siguiente:

- P105: 0.5%
- CaO: 25%
- S: 9%

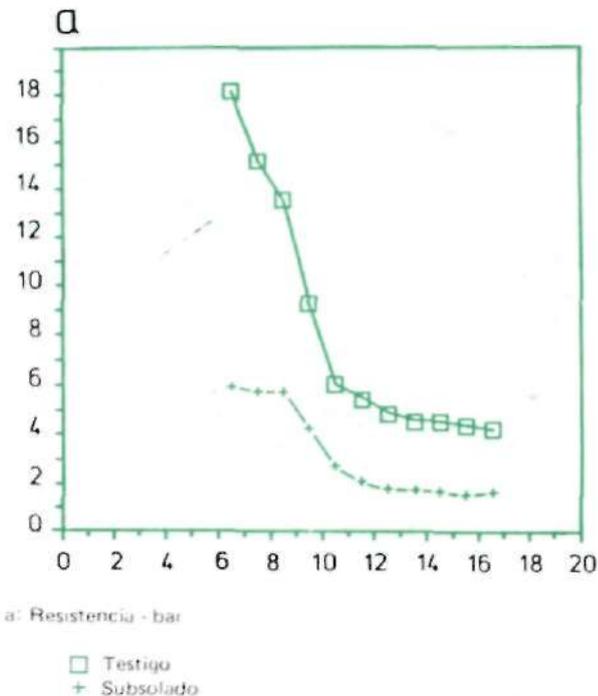
RESULTADOS PRELIMINARES

Este ensayo se supervisa regularmente, analizando los cambios del suelo, el sistema radicular y las características de desarrollo aéreo de las palmas.

— Con el mismo nivel de humedad, las pruebas de penetrometría muestran un marcado desplazamiento hacia una menor resistencia al penetrómetro (Gráfica 5) y permiten la identificación del perfil de la zona removida.

— La medición de la aspereza da una idea de la expansión y por consiguiente del incremento de la porosidad total. En términos generales, ésta es del 20'; inmediatamente después de la operación. La reducción de este aumento con el tiempo se monitoriza conforme a las cifras acumuladas de precipitación.

— Los perfiles hídricos demuestran que el subsuelo modifica la hidrodinámica, con mayor variación de la humedad del suelo entre los períodos secos y húmedos y, en términos generales, con un ligero aumento de la disponibilidad de agua.



— El desarrollo radicular, medido en términos de profundidad y distancia desde la palma, aumenta con el subsolado:

Profundidad de la raíz (Gráfica 5): en las parcelas testigo 2/3 partes de la raíz se concentran en los 30 centímetros superiores. Después del subsolado, únicamente 1/3 parte de las mismas se encuentra en este horizonte. El subsolado mejora la producción del suelo en toda la capa que la máquina afloje (60-70 cm);

Mayor desarrollo radicular horizontal (Gráfica 7); indica un mayor crecimiento después del subsolado, puesto que la resistencia del suelo es menor, independientemente de la época del año;

* Aumento de la cantidad total de raíces: en los perfiles globales, las mediciones indican un aumento del 21% en la cantidad total de raíces después del subsolado, comparadas con las del testigo.

— Todos los parámetros medidos, al igual que el índice de vigor, evaluados según la fórmula del INEAC (2), indican que las palmas ya existentes se desarrollan mejor después del subsolado (Tabla 1A): desde que se estableció el experimento, las medidas de la circunferencia del cuello aumentaron entre el 6 y el 8% después del subsolado.

Tabla IA. Variación de algunos parámetros vegetativos con el tiempo. Efectos del Subsulado

Fecha	Circunferencia del cuello				Longitud foliar				Índice de vigor			
	T	S	Diferencia		T	S	Diferencia		T	S	Diferencia	
	cm	cm	cm	%	cm	cm	cm	%	dm ³	dm ³	dm ³	%
07/85	20,4	20,8	0,4	ns	50,7	51,5	0,8	+ 2 ns				
01/86	47,2	51,0	3,8	+ 8(2)	99,0	105,4	6,4	+ 6(2)				
06/86	61,0	66,0	5,0	+ 8(2)	129,9	136,6	6,7	+ 5(1)				
12/86	88,9	96,0	7,1	+ 8(2)	169,9	180,2	10,3	+ 6(2)	163,7	202,0	38,3	+ 23
06/87	125,3	134,9	9,6	+ 8(2)	209,8	223,6	13,8	+ 7(2)	409,2	494,9	85,7	+ 23
06/88	183,3	193,5	10,2	+ 6(1)	256,7	269,4	12,7	+ 5(1)				

(1) Diferencia entre tratamientos P < C 0.05

(2) Diferencia entre tratamientos P < C 0.01

ns = no significativo

do y la longitud foliar entre el 5 y el 7%. Igualmente, el índice de vigor, que incorpora varios parámetros relacionados con los mencionados anteriormente (medida de la circunferencia del cuello, longitud foliar) aumenta un 23%.

- Las observaciones preliminares de las inflorescencias femeninas muestran una mayor precocidad en las palmas jóvenes sembradas después del subsulado: a los 18 meses, el 39% comienzan la fase sexual femenina, contra el 23% en las parcelas testigo. El aumento parece haber persistido durante los meses siguientes (Tabla IB). Así mismo, el número de inflorescencias femeninas aumenta con el subsulado.
- El correctivo tiene efectos globales positivos en los parámetros de crecimiento aéreo de las palmas: medida de la circunferencia periférica, longitud foliar, índice de vigor (Tabla IIA) y en la

precocidad de las palmas jóvenes (Tabla IIB). No obstante, no se ha observado efecto alguno en el desarrollo del sistema radicular.

- La mayor disponibilidad de agua conduce a un cierre estomático más tardío (medido según el método de Mollish, adaptado a la palma africana: Daniel, 1979) al inicio del verano.

CONCLUSION

En las condiciones del experimento efectuado en Dabou, todos los elementos existentes sugieren que el uso del subsulado para aflojar los suelos compactos por causa de la mecanización tiene efectos positivos. Obviamente, es necesario esperar hasta que comience la producción antes de llegar a ninguna conclusión, teniendo en cuenta tanto los parámetros técnicos como económicos de la producción.

Tabla IB. Observaciones en las inflorescencias femeninas. Efecto del trabajo en el suelo.

	Fecha	Testigo	Subsulado
Palmas con inflorescencias femeninas (%)	01/87	23	39 (2)
	03/87	39	58 (2)
	05/87	59	74
Inflorescencias femeninas por palma portadora	01/87	2,6	(100)
	03/87	1,4	(100)
	05/87	1,6	(100)
Inflorescencias femeninas por palma	01/87	0,6	(100)
	03/87	0,6	(100)
	05/87	1,0	(100)

(1) Diferencia entre tratamientos P < 0,05

(2) Diferencia entre tratamientos P < 0,01

ns = no significativo

Incluso en caso de que en estos suelos frágiles los efectos del tratamiento sobre la estructura del suelo duren poco tiempo (aunque es necesario anotar que después de 3 años los efectos siguen siendo evidentes), se puede considerar que el rápido desarrollo de un sistema radicular más fuerte ya constituye

un paso adelante. Al mismo tiempo, existen experimentos en este momento para identificar la necesidad de adaptar los fertilizantes a estas nuevas circunstancias con el fin de aprovechar mejor los beneficios obtenidos.

Tabla HA- Variaciones de algunos parámetros vegetativos. Efecto del correctivo.

	Testigo	2T/HA	5 T/HA	10 T/HA
Crecimiento vegetativo Junio de 1987				
Circunferencia del cuello (cm)	124,4 (100)	130,1 (1) (105)	130,9 (1) (105)	135,0 (1) (109)
Longitud hoja 9 (cm)	209,3 (100)	215,0 (1) (103)	218,8 (1) (105)	223,6 (1) (107)
Índice de vigor (dm ³)	406,7 (100)	445,8 (1) (110)	458,9 (1) (113)	484,6 (1) (119)

(1) Diferencia entre tratamientos P < 0.05

(2) Diferencia entre tratamientos P < 0.01

ns = no significativo

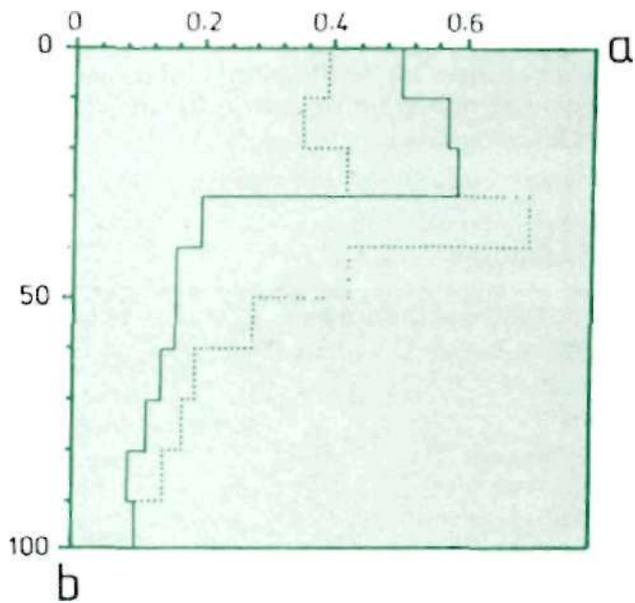
Tabla IIB. Observaciones en las Inflorescencias. Efecto del Conectivo

	Fecha	Testigo	2 T/HA	5 T/HA	10/TA	
Palmas con inflorescencias femeninas (%)	01/87	25	30	33	36	ns
	03/87	37	45	55	56	(1)
	05/87	54	63	72	76	(1)
Inflorescencias femeninas por palma portadora	01/87	2,6	2,5	3,0	2,6	ns
	03/87	1,3	1,6	1,6	1,7	ns
	05/87	1,6	1,8	1,8	1,8	ns
Inflorescencias femeninas por palma	01/87	0,7	0,8	1,0	0,9	ns
	03/87	0,6	0,7	0,9	0,9	(1)
	05/87	0,9	1,1	1,3	1,4	(1)

(1) Diferencia entre tratamientos P < 0.05

(2) Diferencia entre tratamientos P < 0.01

ns = no significativo

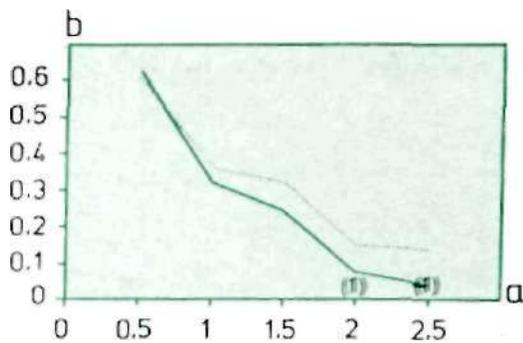


(1) Diferencia < 0.05

a: Peso seco (gm/dm³)
b: Profundidad

Palmas de 2 años de edad

— Testigo
- - - Subsolado



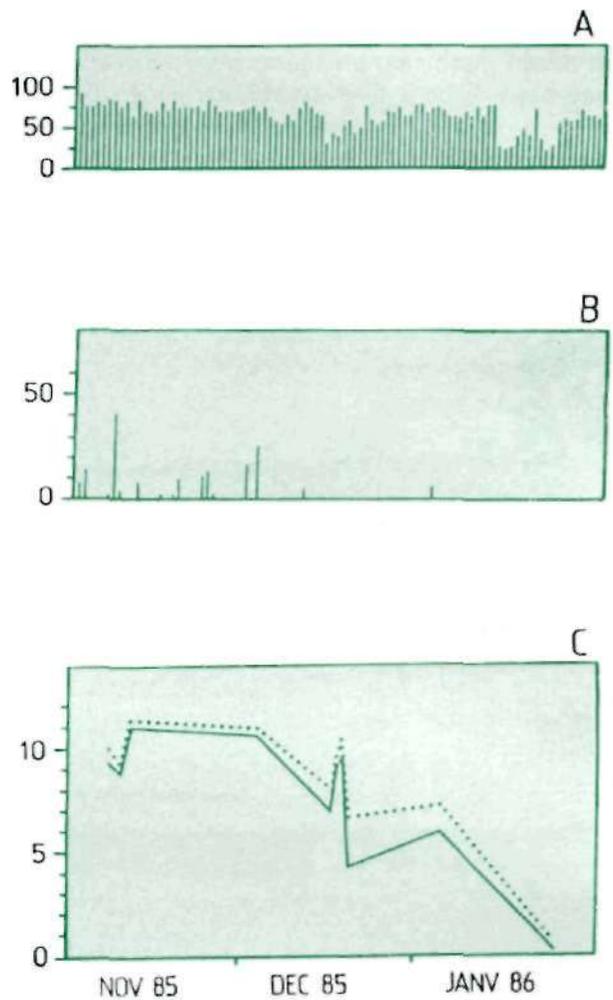
(1) Diferencia < 0.05

a: Distancia (m)
b: Peso seco (gm/dm³)

Palmas de 2 años de edad

— Testigo
- - - Subsolado

Gráfica 7. Distribución del sistema radicular según la distancia de la palma - todas las profundidades. 0-100 cm)



A: humedad relativa% . 12 h
B: Precipitación mm
C: AE (14 h)

— Testigo
- - - Subsolado

Gráfica 8. Apertura estomática - palmas de 6 meses