

Distribución del sistema radical de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Tumaco, Colombia.

Root system distribution of oil palm (Elaeis guineensis Jacq.) in Tumaco, Colombia.

RAFAEL REYES CUESTA¹
SILVIO BASTIDAS PÉREZ¹
EDUARDO A. PEÑA ROJAS¹

RESUMEN

Se estudió la distribución del sistema radical de palmas de aceite [*Elaeis guineensis*] de 1 a 30 años de edad. Se observó que con el avance de la edad el sistema radical acumula materia seca y se extiende horizontalmente, concentrando la mayor parte de las raíces en los primeros 0,60 m del perfil del suelo. La mayor masa de raíces primarias se localiza a distancias horizontales cercanas del estípote, mientras que las raíces secundarias (secundarias, terciarias, cuaternarias) se ubican en círculos concéntricos sucesivos alejados del estípote. Lo anterior indica que la ubicación de los fertilizantes se debe modificar según la edad de la palma.

SUMMARY

The distribution in the soil profile of the roots of oil palm trees from one to thirty years of age was studied. It was observed that the both accumulation of dry matter and root length increased with time. The direction of growth of the primary root was mainly horizontal concentrating the mass of roots in the top 0.60 m of the soil. First, second and third order branches formed concentric successive circles at increasing distances around the stem. Since nutrient absorption is more active in younger roots, fertilizer placement has to be made at increasing distances from the stem according to the age of the tree.

Palabras Claves: Palma de Aceite, *Elaeis guineensis*, Raíces, Anatomía de la planta.

1. Investigadores. Corpioca, Centro de Investigación "El Mira". Apartado Aéreo 198. Tumaco (Nar.) Colombia.

INTRODUCCION

La palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) posee un sistema radical fasciculado compuesto por raíces primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias. Estudios con radioisótopos e indicadores de oxidorreducción han demostrado que sólo las raíces cuaternarias y los extremos terminales de las secundarias y terciarias son absorbentes, aunque las extremidades de las primarias lo pueden hacer antes de lignificarse (Ruer 1967; Ollagnier et al. 1970; Hartley 1988). Se ha encontrado que las características físicas del suelo, la profundidad del nivel freático y el tipo de cultivo de cobertura afectan la distribución de las raíces, la cual es generalmente horizontal y superficial (Olivin 1965; Tailliez 1971; Hartley 1988).

Conocer la distribución y la dinámica de crecimiento del sistema radical de la palma de aceite con respecto a su edad es de gran importancia para una adecuada ejecución de prácticas agronómicas, tales como: Sistemas de ubicación y dosificación de fertilizantes; vigilancia, cuantificación de daños y control de plagas rizófagas y obtención de una mayor eficiencia en tratamientos con fungicidas e insecticidas por medio de la absorción radicular.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó entre 1993 y 1994 en el Centro de Investigación "El Mira" de CORPOICA, y en plantaciones particulares ubicadas entre los ríos Mira y Caunapí de la región de Tumaco, en suelos de formación aluvial con características de textura que varían de franco a franco arcilloso.

Para el registro de la información se tomaron al azar cinco palmas Tenera de 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 años de edad en sitio definitivo, sembradas en densidad de 143 palmas/ha. las cuales presentaban desarrollo normal y estaban libres de plagas y enfermedades.

El muestreo de las raíces se efectuó en cada palma acorde con a la siguiente metodología:

Se delimitó una franja de terreno a partir de la base del estípote de 0,30 m de ancho, 4,0 m de longitud y 0,90 m de profundidad. Dentro de esta franja se sacaron 24 muestras rectangulares de suelo y raíces, de 0,30 m de ancho por 0,50 m de largo y 0,30 m de profundidad, distribuidas en tres secciones u horizontes según la profundidad: A (0,0-0,30 m), B (0,30-0,60 m) y C (0,60-0,90 m) (Fig. 1A).

Cada muestra se lavó con agua para retirar el suelo; luego se separaron las raíces primarias en un grupo y las restantes (secundarias, terciarias y cuaternarias) en otro grupo, denominándolas en conjunto como secundarias. Posteriormente se colocaron en una estufa con ventilación, a una temperatura de 75°C hasta obtener un peso seco constante.

Después de retirar las 24 muestras de suelo, en cada palma quedó la superficie lateral del bulbo radical a la vista. Con una pala plana se perfeccionó el corte sobre la parte exterior del bulbo, de tal forma que formara una sección vertical de 0,30 m de ancho y de profundidad variable según la edad, quedando visibles los cortes, en sección circular, de las raíces primarias. Posteriormente se demarcaron los tres niveles de profundidad (0-30; 30-60 y 60-90 cm) para el conteo de raíces (Fig. 1B). Para evitar confusiones en el conteo, se utilizó un marcador de tinta oscura con el cual se pintaba la superficie de la raíz contada.

Para la determinación del peso seco total de raíces por palma y su distribución horizontal y vertical en el

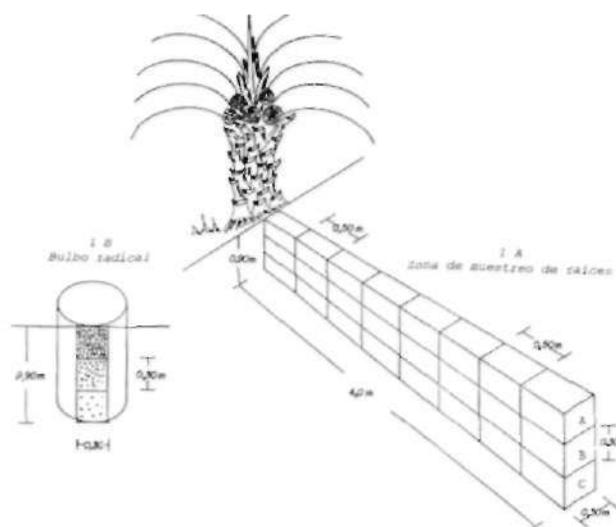


Figura 1. Esquema de la zona de muestreo de raíces primarias y secundarias en el suelo a partir del estípote (1A) y del número de raíces primarias en el bulbo radical (1B), en palmas (*Elaeis guineensis*) de 1 a 30 años de edad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Materia Seca y Distribución de Raíces

Se encontró una variación altamente significativa en el peso seco de las raíces con respecto a la edad de la palma, y la distribución vertical y horizontal en el suelo. La acumulación de materia seca radical se incrementó con la edad, obteniéndose valores de 0,25 kg de raíces primarias y 0,154 kg de raíces secundarias para palmas de un año de edad, hasta 120,9 kg de raíces primarias y 41,0 kg de raíces secundarias para palmas de 30 años de edad. El período en el cual la palma presentó mayor cantidad de materia seca radical fue entre los 20 y los 30 años de edad, alcanzando un peso máximo de 159 kg/palma (Tabla 1).

Tabla 1. Materia seca de raíces de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) de 1 a 30 años de edad. Tumaco, Colombia. 1993 - 1994.

edad [años]	Materia seca de raíces kg/palma		
	Primarias	Secundarias	Total raíces
1	0,125d ^{1/}	0,154d	0,279e
2	3,815d	1,184d	5,000e
3	7,406d	2,892d	10,298e
4	11,531d	2,119d	13,650e
5	14,141d	3,414d	17,555e
10	60,534c	10,504c	71,038d
15	81,914b	12,619bc	94,534c
20	120,940a	13,426bc	134,366b
25	86,701b	15,636bc	102,338c
30	118,068a	41,013a	159,082a
cv %	49,03	55,66	46,84
f (edad)	**	**	**

1. En cada columna, valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente según la prueba de Duncan, al nivel del 5%.
^{1/} Significativo al nivel del 1% según la prueba de F.

El análisis de la distribución vertical mostró una acentuada disminución de la masa radical hacia el interior del perfil del suelo y mayores valores para las raíces primarias (Tablas 2, 3 y 4). Para el horizonte A (0-30 cm) se observó entre 0,126 y 104,264 kg de raíces por palma para todas las edades, en el horizonte B (30-60 cm) entre 0,138 y 38,628 kg/palma, mientras que en el horizonte C (60-90 cm) el peso de la masa radical fluctuó entre 0,014 y 16,189 kg/palma (Tabla 2). A partir del segundo año, la relación entre horizontes fue mayor para los horizontes superiores, en su orden A y B (Tabla 3), mientras que la relación entre raíces primarias y secundarias por horizonte fué mayor para las raíces primarias (Tabla 4).

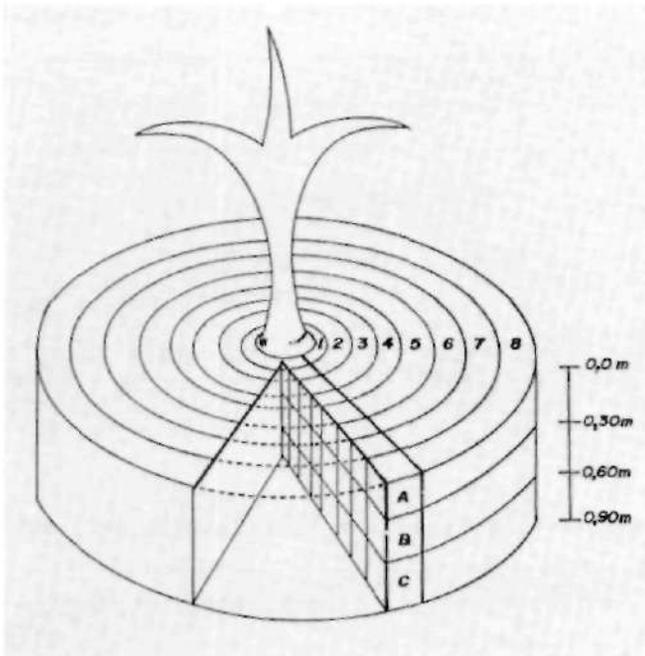


Figura 2. Esquema de la distribución de los cilindros concéntricos o coronas circulares (1 a 8), en los horizontes del suelo (A, B, C), empleados para la determinación de la masa radical de palmas de aceite (*Elaeis guineensis*).

perfil del suelo, se empleó la materia seca presente en cada volumen de muestreo (0,045 m³ de suelo). Para ello se calculó el volumen de los ocho anillos concéntricos o coronas circulares correspondientes a la zona de muestreo (Fig. 2), utilizando la fórmula $V = (R^2 - r^2)h$, donde: R es el radio mayor, r, el radio menor y h, la profundidad.

Para la determinación del número total de raíces primarias por palma se utilizó el número de raíces por área de muestreo en el bulbo radical. Para ello se calculó la superficie del bulbo radical de la palma, empleando la fórmula $A = 2rh$, donde: $2\pi r$ es la longitud de la circunferencia y h es la profundidad vertical de la zona de muestreo (Fig. 1B).

Los datos obtenidos se sometieron al análisis de varianza según un diseño completamente al azar con arreglo factorial y 5 repeticiones, así como a la prueba de comparación de promedios por el método de Duncan. Además, en cada palma se midió el diámetro del estípote a nivel del suelo, la altura de la palma desde el nivel del suelo hasta el inicio de la emisión de folíolos en la hoja 3 para palmas jóvenes y en la hoja 17 para palmas adultas, con el fin de establecer la existencia de una posible correlación de la altura y el diámetro con el peso y el número de raíces.

Tabla 2. Cantidad y distribución de raíces por horizonte del suelo de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) de 1 a 30 años edad en sitio definitivo (kg de materia seca radicular/palma). Tumaco, Colombia. 1993 - 1994

Tipo de raíces	Horizontes de muestreo	Edad del Cultivo (Años)									
		1	2	3	4	5	10	15	20	25	30
Raíces Primarias (RP)	A (0,0-0,3 m)	0,46	2,195	3,915	7,297	8,672	30,960	61,240	88,089	55,594	74,207
	B (0,3-0,6 m)	0,073	1,147	2,261	3,854	4,731	20,360	12,630	24,981	21,449	30,960
	C(0,6-0,9 m)	0,006	0,473	1,229	0,380	0,737	9,203	8,032	7,869	9,657	12,902
Raíces Secundarias (RS)*	A (0,0-0,3 m)	0,080	0,654	1,239	1,306	2,042	6,176	8,034	8,774	10,055	30,057
	B (0,3-0,6 m)	0,065	0,367	1,105	0,669	1,044	2,645	2,682	3,525	3,537	7,668
	C(0,6-0,9 m)	0,007	0,162	0,547	0,142	0,327	1,681	1,902	1,128	2,043	3,287
Total por Horizonte (RP+RS)	A (0,0-0,3 m)	0,126	2,849	5,154	8,604	10,714	37,144	69,277	96,863	65,649	104,264
	B (0,3-0,6 m)	0,138	1,515	3,366	4,524	5,776	23,009	15,321	28,506	24,987	38,628
	C(0,6-0,9 m)	0,014	0,635	1,776	0,522	1,064	10,885	9,935	8,997	11,701	16,189

* Raíces secundarias = Secundarias + terciarias + cuaternarias.

Tabla 3. Relaciones de la materia seca de raíces entre los horizontes A, B y C, de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) de 1 a 30 años de edad. Tumaco, Colombia. 1993 - 1994

Relaciones	Edades (Años)									
	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30
A/B	0,91	1,88	1,53	1,90	1,85	1,61	4,52	3,39	2,62	2,69
A/C	9,00	4,48	2,90	16,48	10,06	3,41	6,97	10,76	5,61	6,44
B/C	9,85	2,38	1,89	8,66	5,42	2,11	1,54	3,16	2,13	2,38

Tabla 4. Relaciones, por horizonte de suelo, entre la materia seca de raíces primarias y secundarias de palmas de aceite (*Elaeis guineensis*) de 1 a 30 años de edad. Tumaco, Colombia. 1993 - 1994

Horizontes	Edades (Años)									
	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30
A (0,0-0,3 m)	0,57	3,35	3,15	5,58	4,64	5,01	7,62	10,03	5,52	2,46
B (0,3-0,6 m)	1,12	3,12	2,04	5,76	4,53	7,69	4,71	7,08	6,06	4,03
C(0,6-0,9 m)	0,85	2,91	2,24	2,67	2,25	5,47	4,22	6,98	4,72	3,92

Con respecto a la distribución horizontal (radial) de las raíces, se observó que en el primer año la palma presentó raíces sólo en los primeros 50 cm a partir del estípote en todo el perfil de muestreo (0-90 cm) (Fig. 3), pero en mayor cantidad en los horizontes superficiales A y B (Fig. 4). En el segundo año, el sistema radical se extiende hasta 1,50 m de radio y en el tercer año hasta 2,0 m (Fig. 3), pero presentando mayores valores de peso seco las raíces primarias para los diferentes horizontes en cada año (Fig. 4). Este comportamiento indica que en el año 1 se inicia el desarrollo de raíces en todas las direcciones, el cual es continuado en los años 2 y 3, para dar anclaje y explorar el área para subsistencia de la planta. En los años 4 y 5 se presentaron raíces hasta 3,0 m de distancia del estípote en los horizontes A y B y hasta 2,5 m en el horizonte C (Fig. 3 y 4); presentándose disminución de los valores del peso seco de las raíces

primarias hacia las zonas más alejadas del estípote (2-3 m) (Fig. 4). Esto indica que la formación de raíces primarias verticales para anclaje disminuye a partir del cuarto año, edad a partir de la cual el sistema radical incrementa su desarrollo horizontal y la tendencia a ubicar la mayor parte de las raíces en los horizontes superiores del suelo.

De los 10 a los 30 años se presentaron raíces en todas las zonas de muestreo, tanto vertical como horizontal, observándose mayores valores de peso seco en la zona horizontal cerca del estípote (0,0-0,50 m) y en los horizontes más superficiales. La presencia de raíces disminuye después de los 0,50 m, incrementándose de nuevo principalmente en el horizonte A, a partir de 2,0 m del estípote, alcanzando los mayores valores entre los 3 a 4 m, pero sin llegar a superar los obtenidos cerca del estípote (Fig. 5 y 6).

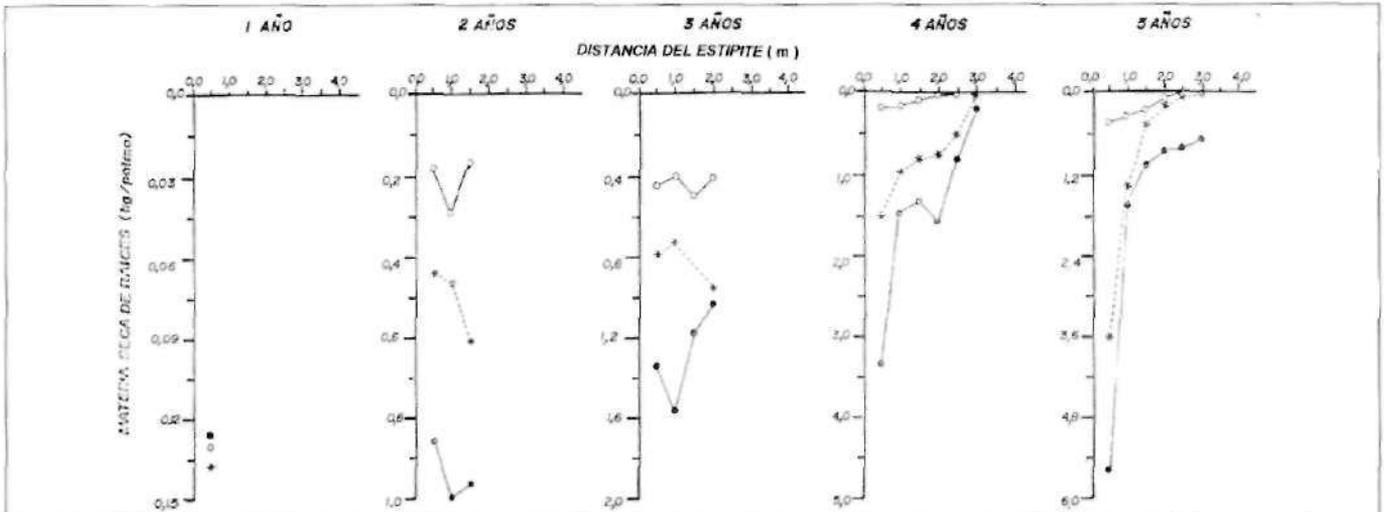


Figura 3. Distribución lateral a partir del estípote de la materia seca total de raíces en los horizontes del suelo A [], B [] y C [], de palmas de aceite (*Elaeis guineensis*) de 1 a 5 años de edad. Tumaco Colombia. 1993 - 1994.

Lo anterior indica que el desplazamiento del sistema radical de los 10 años en adelante es horizontal, ocurriendo una mayor acumulación de masa radical en los horizontes superficiales (0,0-0,60 m), pero además se presenta un incremento de la actividad de producción de raíces a distancias alejadas del estípote (> 2,0 m de radio) y un entrecruzamiento con las raíces de las palmas vecinas, principalmente en el horizonte A. Esto ocurre con mayor intensidad para las raíces secundarias a distancias mayores del estípote (3 a 4 m), lo que hace que con la edad se incremente el peso total de raíces en esa zona.

En general, los resultados siguen un patrón lógico de comportamiento, tanto para la edad como para la distribución vertical y horizontal, y se encuentra que a mayor edad ocurre una mayor formación de materia seca radical y la ubicación de la mayor parte de ésta en los primeros 0,60 cm de profundidad, en círculos concéntricos sucesivos que se alejan del estípote. Estos resultados concuerdan con lo reportado por varios autores (Olivin 1965; Tailliez 1971; Hartley 1988).

La explicación al comportamiento observado radica en que las raíces primarias poseen más materia seca que las secundarias. La mayor distribución es horizontal cerca del estípote en los primeros 0,50 m del perfil del suelo y dan origen a las raíces secundarias que se distribuyen de manera ascendente y descendente, pero éstas presentan un crecimiento predominante ascendente, dando origen a las raíces terciarias que crecen horizontalmente y que a su vez dan origen a las cuaternarias (Olivin 1965; Ollagnier et al. 1970; Hartley 1988). Con la edad, la cantidad de raíces secundarias,

principalmente las terciarias y cuaternarias, se incrementa a mayores distancias del estípote, debido a la continua renovación del sistema radical, mientras que se disminuye la producción de raíces primarias al limitarse su incremento para reemplazar aquellas que mueren (Tailliez 1971; Hartley 1988).

Número de raíces

El número de raíces primarias presentó una variación muy amplia y altamente significativa con respecto a la edad del cultivo, y osciló entre 33 y 6.730 raíces/palma, presentándose el mayor número a los 30 años de edad (Tabla 5). El comportamiento de esta característica es similar al registrado para el peso seco, es decir, a

Tabla 5. Número de raíces primarias, altura de la palma y diámetro del estípote a nivel del suelo de palmas de aceite (*Elaeis guineensis*) de 1 a 30 años de edad. Tumaco, Colombia. 1993 - 1994.

Edad (años)	Raíces primarias por palma (no)	altura (m)	diámetro del estipe a nivel del suelo (m)
1	33e ^{1/}	0,60g	0,09g
2	157e	0,74f	0,25f
3	401e	3,00e	0,45e
4	611e	4,80d	0,73cd
5	671e	6,06c	0,70d
10	5,429 b	6,79b	0,86ab
15	4,989c	8,25b	0,92a
20	3,818d	8,41b	0,82bc
25	3,395d	8,42b	0,81b
30	6,730a	9,34 a	0,72cd
CV%	21,90%	3,21%	11,78%
F (edad)	**	**	**

I: En cada columna, valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente según la prueba de Duncan al nivel del 5%.

** Significativo al nivel del 1% según la prueba de F.

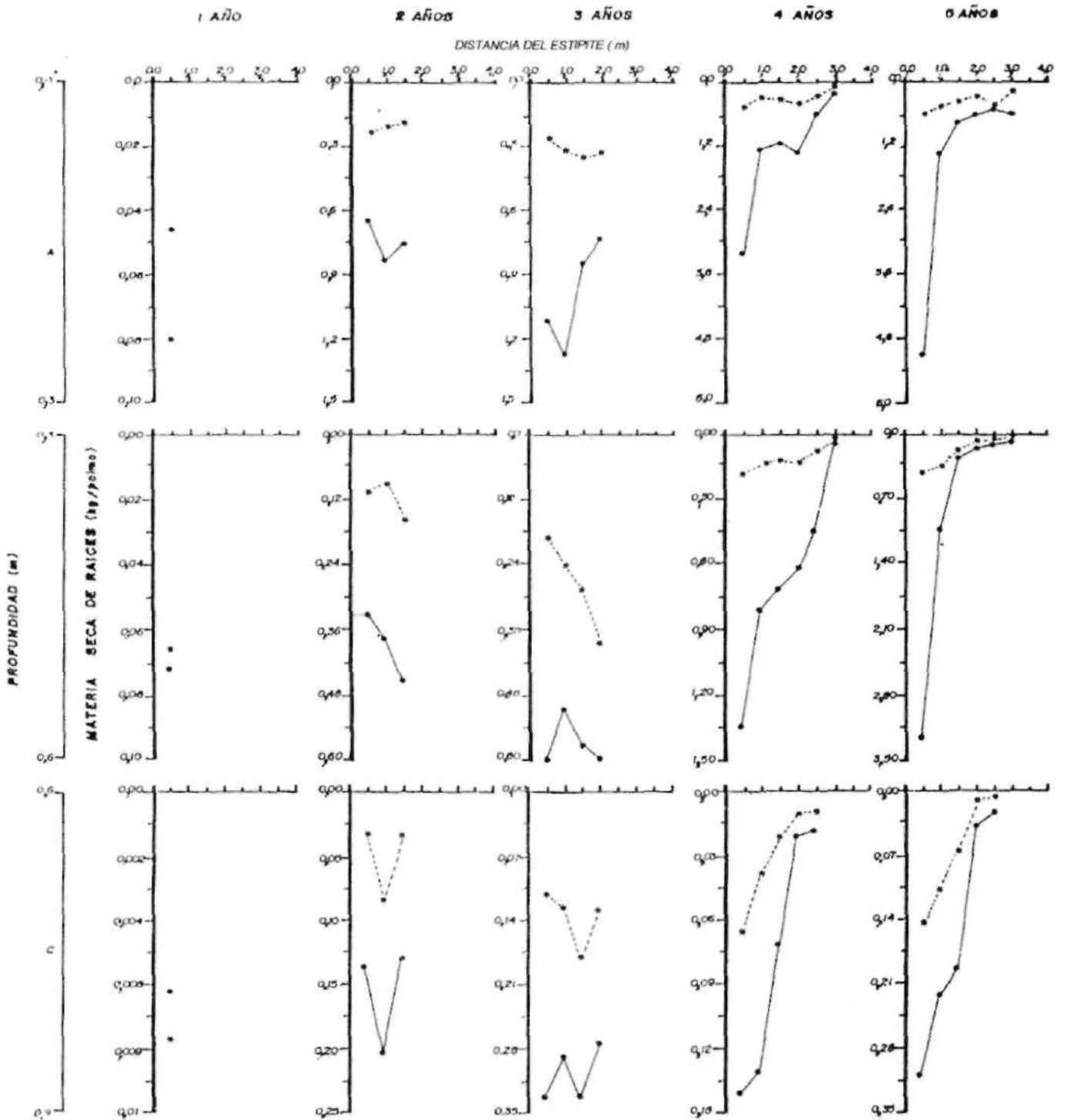


Figura 4. Distribución lateral a partir del estipe por horizonte del suelo [A, B, C], de la materia seca de raíces primarias (---) y secundarias (—) de palmas de aceite (*Elaeis guineensis*) de 1 a 5 años de edad. Tumaco Colombia, 1993 - 1994.

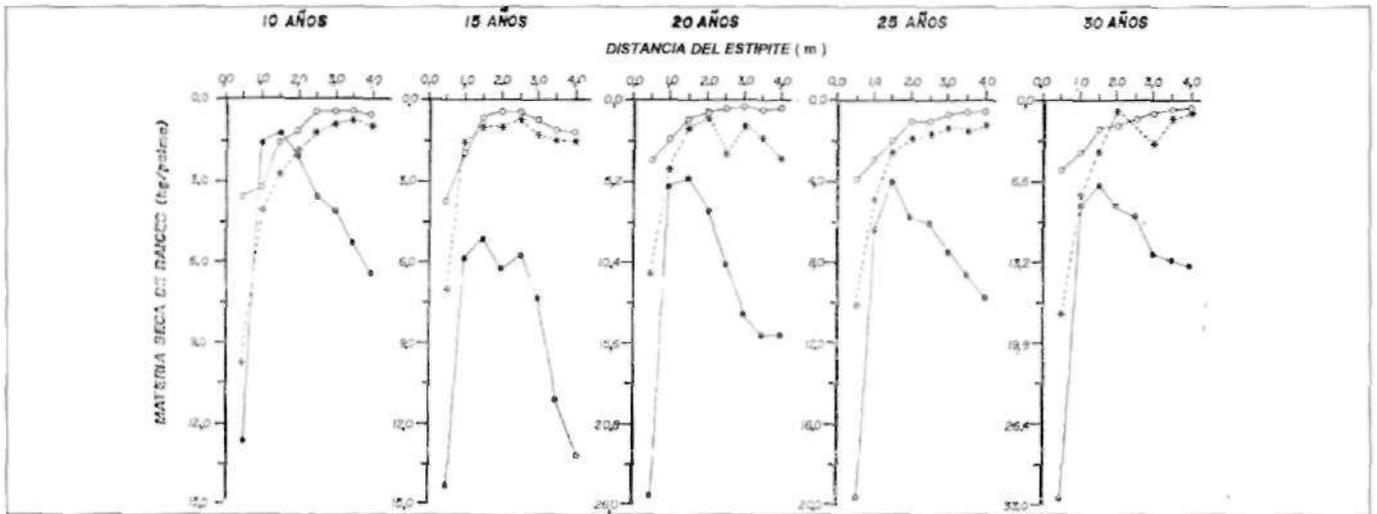


Figura 5. Distribución lateral a partir del estípote de la materia seca total de raíces en los horizontes del suelo A [], B [] y C [], de palmas de aceite (*Elaeis guineensis*) de 10 a 30 años de edad. Tumaco Colombia. 1993 - 1994.

mayor edad de la palma mayor es el número de raíces que posee. Los valores encontrados en este estudio son inferiores a los indicados por Hartley (1988) y Figueredo y Vallejo (1986) para palmas de aceite adultas. Es de anotar que la metodología utilizada en este trabajo se considera de mayor exactitud que las usadas anteriormente, porque al ser un conteo directo no estuvo sujeto a sobreestimaciones.

Altura de la Palma y Diámetro del Estípote

La altura de la palma y el diámetro del estípote a nivel del suelo también presentaron una variación altamente significativa con respecto a la edad de la palma. Se obtuvieron valores que oscilaron entre 0,60 y 9,34 m de altura y 0,09 y 0,92 m de diámetro, para palmas de 1 a 30 años de edad (Tabla 5). La altura aumentó con la edad, mientras que el diámetro del estípote presentó su mayor incremento en los primeros cuatro años de edad. Este comportamiento coincide con el indicado por varios autores, quienes señalan que la palma

incrementa su altura con la edad y que el diámetro del estípote se incrementa en las primeras edades hasta engrosarse, para continuar posteriormente el alargamiento de los entrenudos (Hartley 1988; Figueredo y Vallejo 1986).

Relaciones de Dependencia

Los resultados y análisis anteriores indican la existencia de relaciones de dependencia entre las características en estudio. Mediante análisis de correlación (Tabla 6) se comprobó que existen relaciones directas y altamente significativas de dependencia entre: El número de raíces primarias y la edad ($r=0,49$), el peso seco total de raíces y la edad ($r=0,54$), el peso seco total de raíces y la altura de la palma ($r=0,8$), el peso seco total de raíces y el diámetro del estípote a nivel del suelo ($r=0,35$). Así como también entre el número y peso seco de raíces primarias ($r=0,70$), el peso seco de raíces primarias con respecto a la altura ($r=0,48$) y el diámetro del

Tabla 6. Coeficientes de correlación lineal simple entre variables involucradas en el estudio de distribución del sistema radical de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*). Tumaco, Colombia. 1993 - 1994.

	Número de Raíces Primarias	Diámetro del Estípote a Nivel del Suelo	Altura de la Palma	Peso Seco de Raíces Primarias	Peso Seco de Raíces Secundarias	Peso Seco Total de Raíces
Edad de la palma	0,493*	0,539*	0,860*	0,538*	0,461*	0,548*
Número de Raíces Primarias		0,383*	0,503*	0,700*	0,611*	0,716*
Diámetro del Estípote a Nivel del Suelo			0,797*	0,365*	0,223*	0,353*
Altura de la Palma				0,488*	0,362*	0,486*
Peso Seco de Raíces Primarias					0,712*	0,988*
Peso Seco de Raíces Secundarias						0,811*

* Nivel de significancia al 0,1 %.

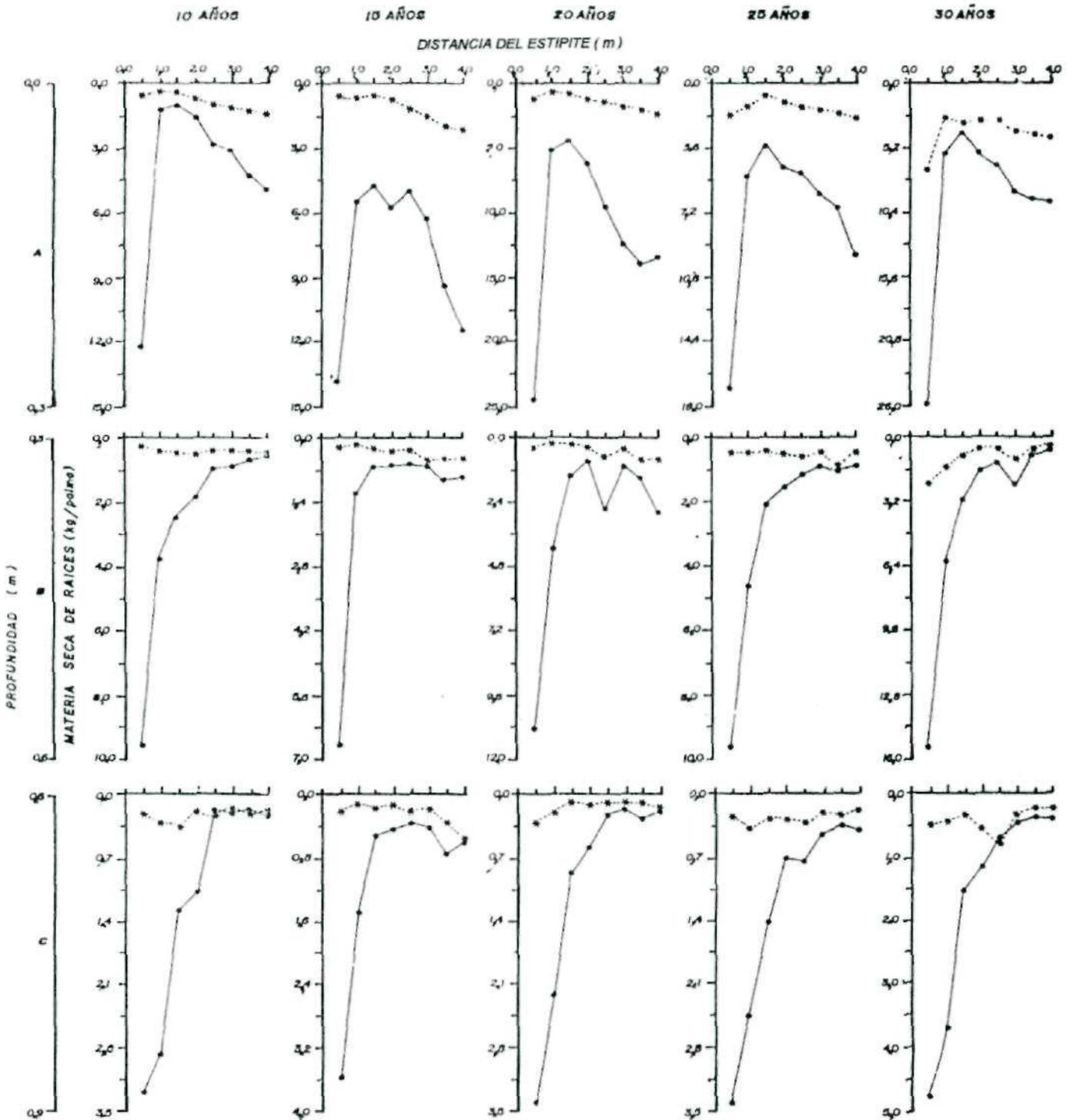


Figura 6. Distribución lateral a partir del estipe por horizonte del suelo [A, B, C], de la materia seca de raíces primarias (—) y secundarias (···) de palmas de aceite [*Elaeis guineensis*] de 10 a 30 años de edad. Tumaco Colombia. 1993 - 1994.

estípite a nivel del suelo ($r=0,36$); el peso seco de raíces secundarias respecto a la altura ($r=0,36$) y el diámetro del estípite a nivel del suelo ($r=0,22$).

Lo anterior significa que la altura de la palma y el diámetro del estípite a nivel del suelo dependen de la edad, y que a su vez la masa radicular (peso y número) depende, en alto grado, de la edad, el diámetro del estípite y altura de la palma. En la práctica, y para las condiciones del estudio, se puede esperar que una palma de aceite de tallo grueso o alta tenga mayor cantidad de masa radical que otra de la misma edad con tallo delgado o corto.

CONCLUSIONES

Con base en el análisis de los resultados y bajo las condiciones del estudio se puede concluir:

- La palma de aceite desarrolla un sistema radical que acumula materia seca y se extiende horizontalmente al avanzar de la edad, concentrando la mayor cantidad y peso en los primeros 0,60 m del perfil del suelo.
- Las raíces primarias presentan con la edad una mayor acumulación de materia seca en los

horizontes superficiales y distancias radiales más cercanas del estípite, mientras que las secundarias se concentran en los horizontes superficiales y distancias radiales más alejadas del estípite.

- La edad de la palma influye significativamente en la altura y el diámetro del estípite a nivel del suelo y en la cantidad y peso de raíces que ésta produce.
- La altura de la palma y el diámetro del estípite a nivel del suelo están directamente asociados con la cantidad y peso de raíces primarias presentes en el bulbo radical.
- La ubicación de los fertilizantes a partir del estípite de la palma debe efectuarse en la región donde se concentra la mayor masa de raíces absorbentes, región que cambia según la edad de la palma. De 0,0 a 0,50 m para palmas de un año, de 0,0 a 1,50 m para palmas de 2 años, de 0,0 a 2,0 m para palmas de 3 años, de 1,0 a 2,50 m para palmas de 4 y 5 años, y de 2,0 a 4,0 m para palmas de 10 a 30 años.

BIBLIOGRAFIA

- FIGUEREDO V., P.; VALLEJO R., G. 1986. Botánica de la palma africana de aceite *Elaeis guineensis* Jacq. En.FEDEPALMA. Primer Encuentro Nacional sobre Palma Africana. Memorias. 2ª. ed. Villavicencio. Junio de 1984, Fedepalma. Bogotá p. 30-42.
- HARTLEY, C.W.S. 1988. The Oil Palm. 3rd. ed. Longman Scientific & Technical, England. 761 p.
- OLIVIN, J. 1965. Une methode de observation du systeme radicaire du palmier á huile. Oleagineux (Francia) v.20 no. 12, p. 731 - 733.
- OLLAGNIER. M.; OCHS. R.; MARTIN. G. 1970. El abonado de la palma de aceite en el mundo. Fertilité: v. 36, p.3 -64.
- RUER, P. 1967. Repartition en surface du systeme radicaire du palmier á huile. Oleagineux,(Francia) v.22. p. 535 - 537.
- TAILLIEZ, B. 1971. The root system of the oil palm on the San Alberto Plantation in Colombia. Oleagineux (Francia) v. 26 no.7. p.435-447.