GREPALMA
GREMIAL DE PALMICULTORES DE GUATEMALA

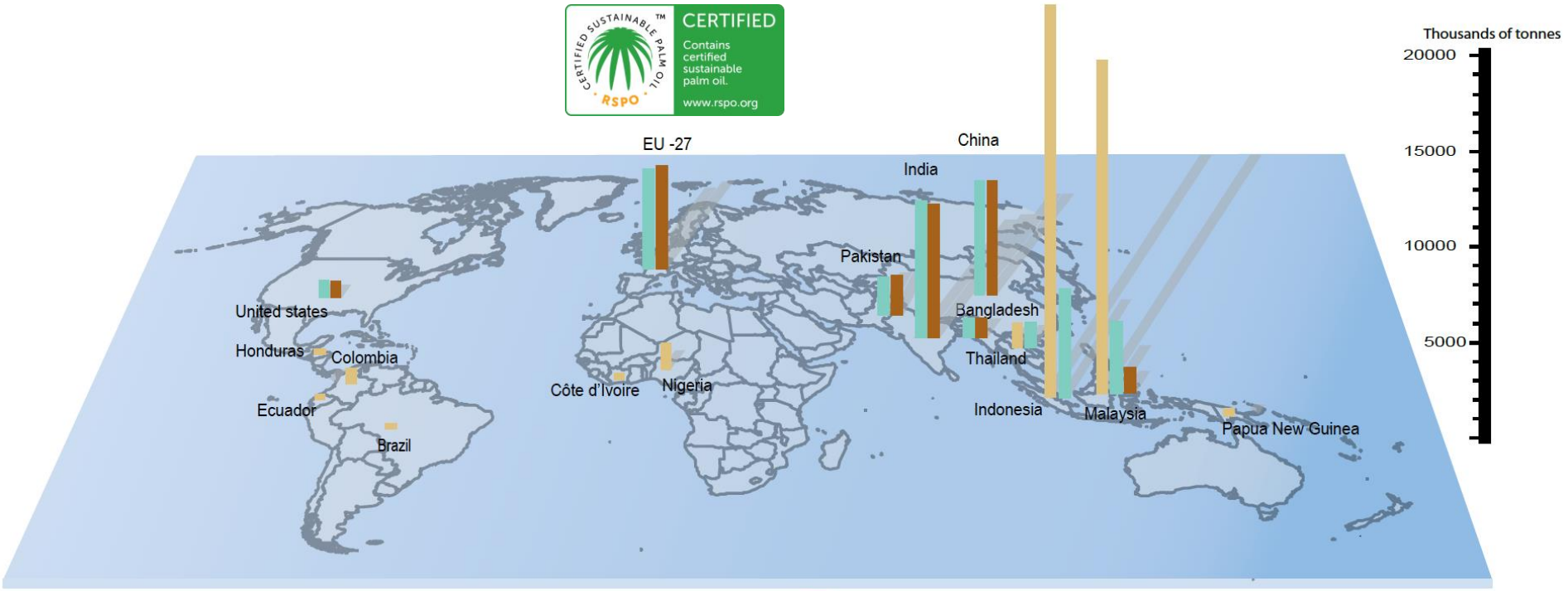
Rizosanidad y desempeño productivo de la palma aceitera

Ing. Agr. Héctor Albertazzi L., *MSc*. Protección de Cultivos

Temas a tratar:

- ✓ **Introducción**
- Anatomía
- Arquitectura
- Factores bióticos
  - Clima
  - Enfermedades
  - Aireación
  - Microbiología de suelo
- Factores Abióticos
  - Herbicidas
  - Toxicidades
  - Compactación
- Metodologías de Investigación
- Conclusiones
- Recomendaciones

Mercado del aceite de palma aceitera



Cuadro 1. Área sembrada actual y potencial para la siembra de palma aceitera en América Latina (2018)

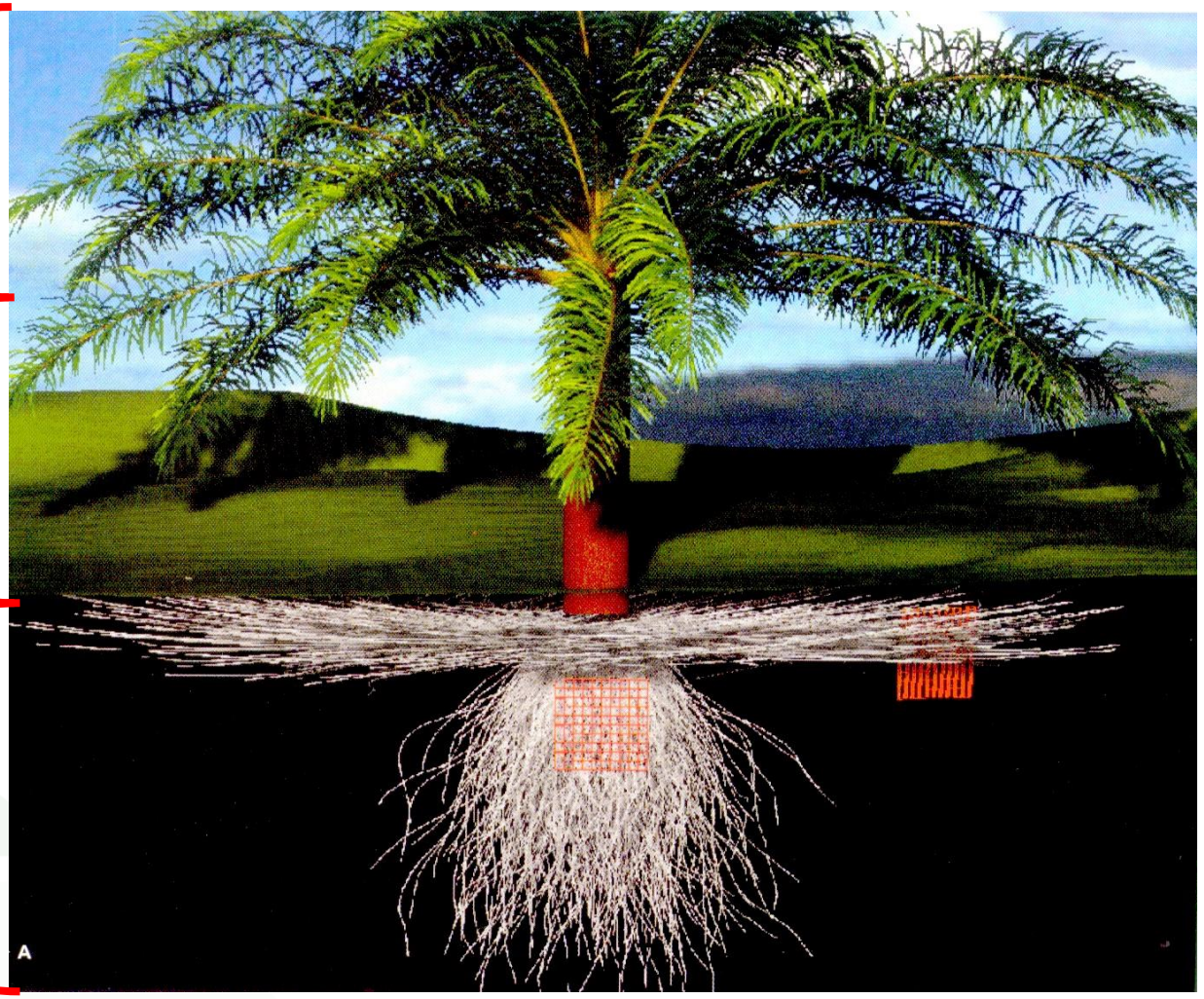
País	Hectáreas	Potencial
Colombia	483 000	4 000 000
Ecuador	313 880	646 655
Brasil	236 252	20 000 000
Guatemala	165 000	592 338
Honduras	160 000	300 000
Costa Rica	75 000	89 400
México	90 118	8 890 461
Perú	56 000	200 000
Nicaragua	29 000	470 000
Panamá	24 973	600 000
República Dominicana	14 000	45 000
Venezuela	7 000	54 000
Total Latinoamérica	**1 654 223**	**35 887 854**

Componentes de una palma aceitera

Corona (racimos)

Estípite o Tallo

Sistema Radical

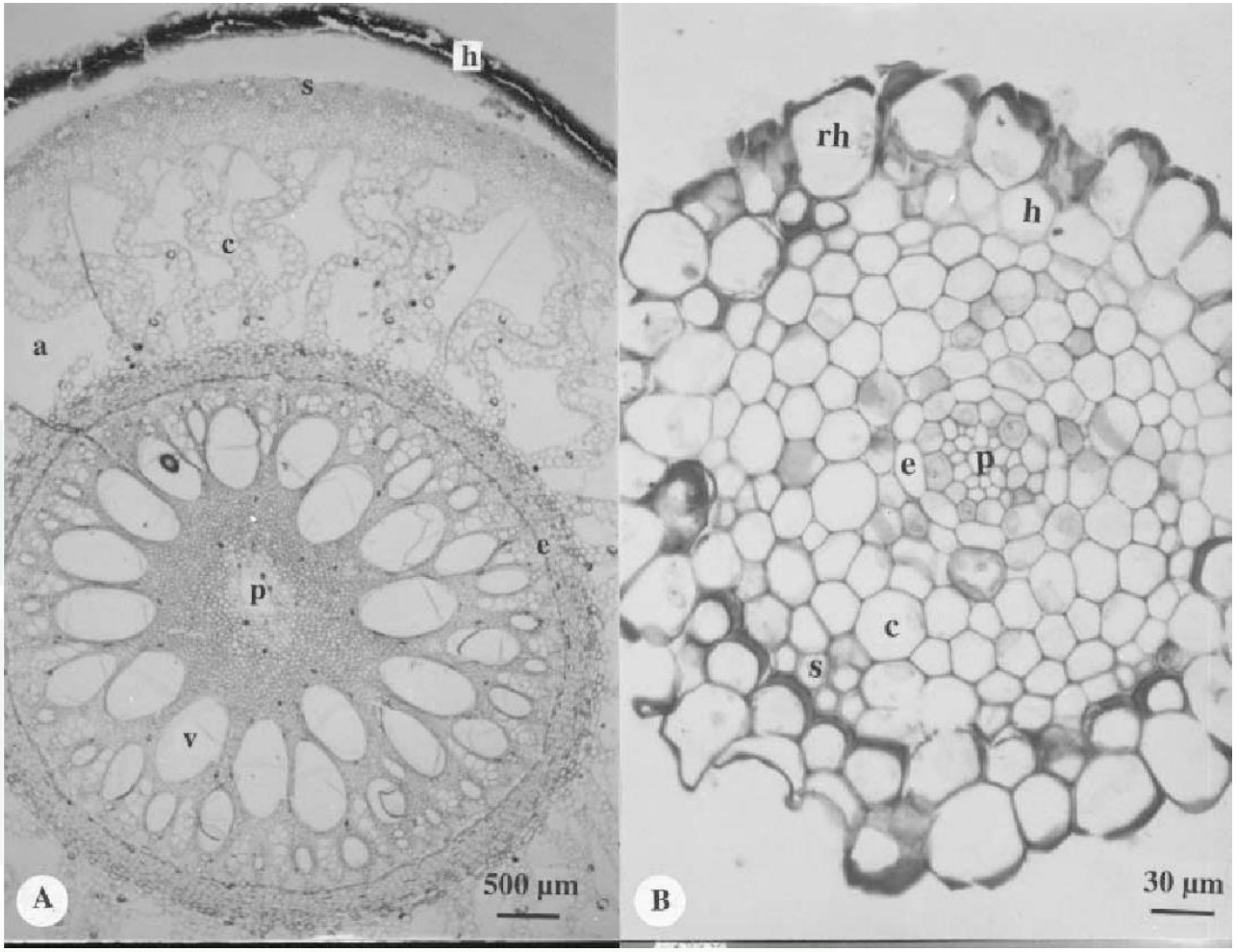


Temas a tratar:

- ✓ **Introducción**
- ✓ **Anatomía**
- Arquitectura
- Factores bióticos
  - Clima
  - Enfermedades
  - Aireación
  - Materia Orgánica
  - Biochar
- Factores Abióticos
  - Herbicidas
  - Toxicidades
  - Compactación
- Metodologías de Investigación
- Conclusiones
- Recomendaciones

Anatomía y morfología de raíces de palma aceitera

- Estructura altamente lignificada
- Sistema mecánico de protección contra plagas y enfermedades
- Almacenamiento de nutrientes



A. Corte histológico de una raíz primaria RI
B. Corte Histológico de una raíz cuaternaria RIV

Abreviaciones:

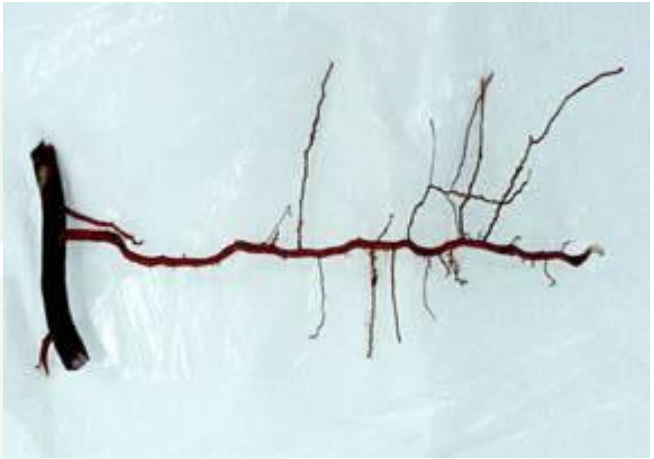
a –aerénquima
c –cortex
e–endodermis
h–hipodermis
p–médula
rh–rizodermis
s–esclerénquima
v–vaso medular

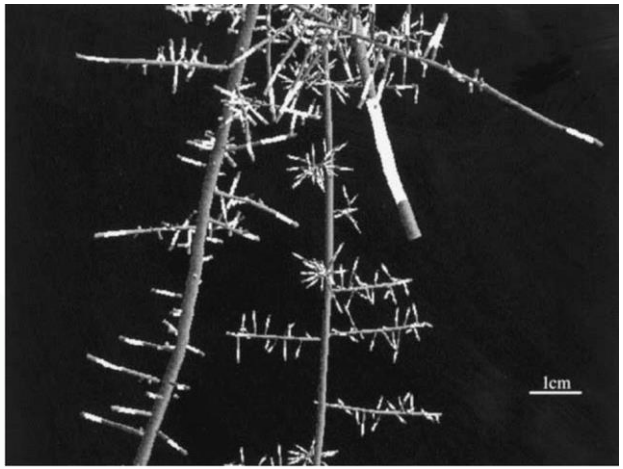
Temas a tratar:

- ✓**Introducción**
- ✓**Anatomía**
- ✓**Arquitectura y morfología**
- Factores bióticos
  - Enfermedades
  - Microbiología de suelos
- Factores Abióticos
  - Clima
  - Aireación
  - Herbicidas
  - Toxicidades
  - Compactación
- Metodologías de Investigación
- Conclusiones
- Recomendaciones

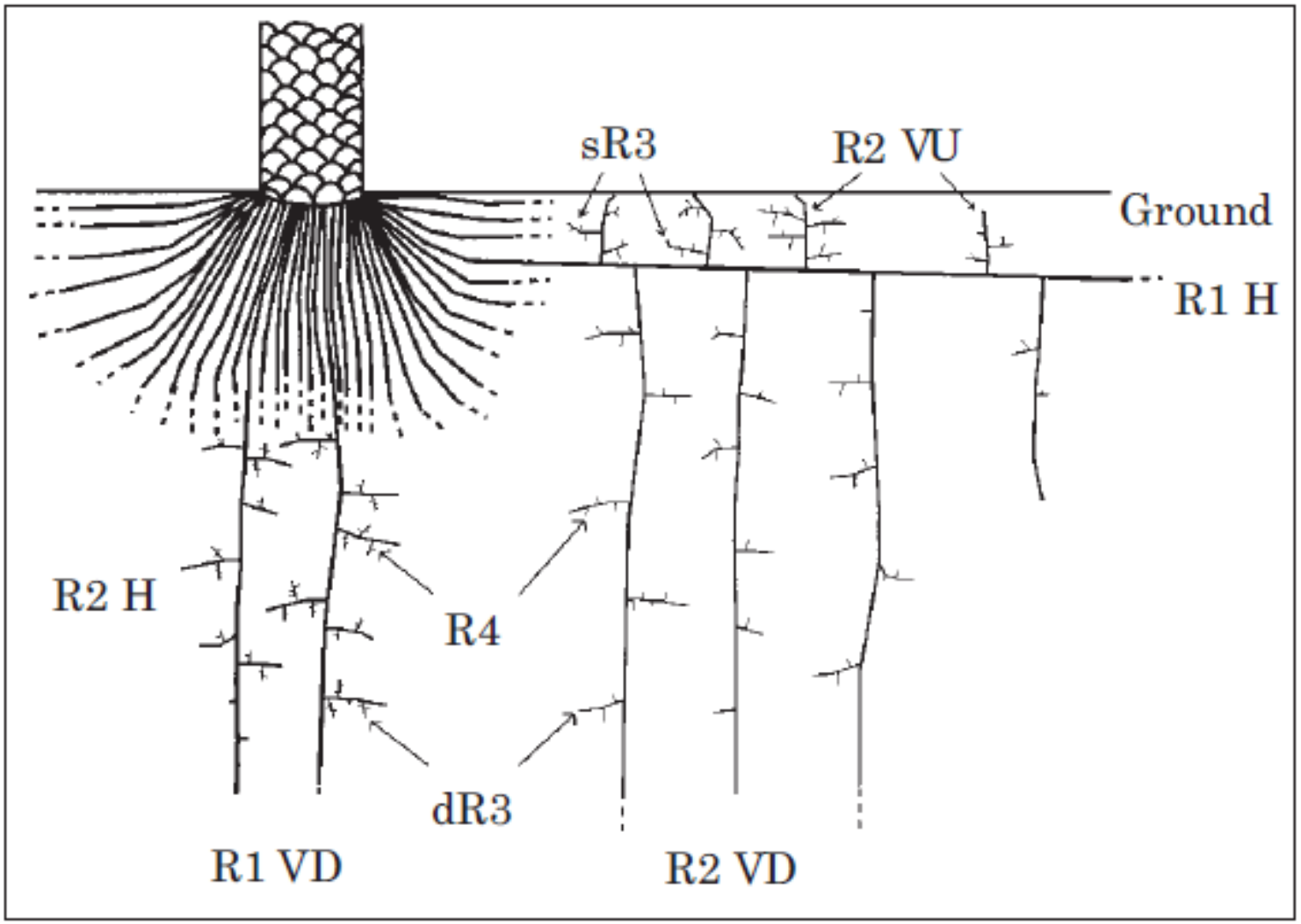
Morfología del Sistema Radical

Clasificación Anatómica	Tipología	diámetro (mm)	Longitud (cm)	Longevidad (meses)	Ramificación
Primarias (I)	horizontales	5	600	> 6	+
	verticales	6.5	2500	1-6	+
Secundarias (II)	horizontales	2	200	1-6	+
	geotropismo +	2.2	600	1-6	+
	geotropismo -	1.5	50	1-6	+
Terciarias (III)	superficiales	1	20	< 1	+
	profundas	1	10	< 1	+
Cuaternarias (IV)	---	0.5	1.5	< 1	-



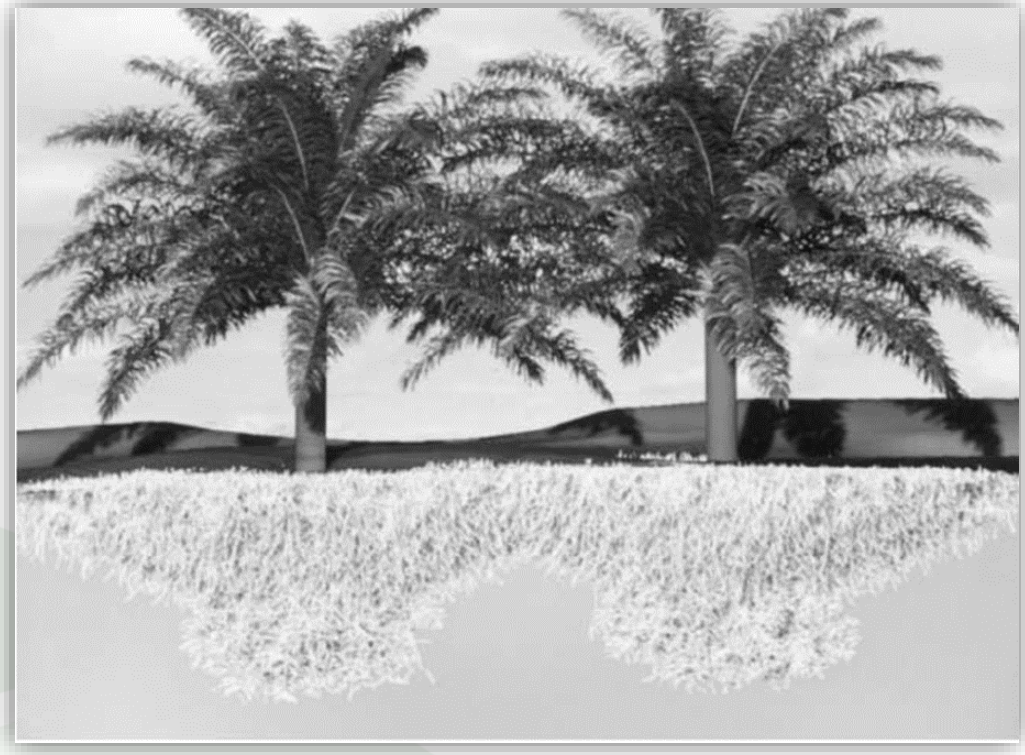


Root type	Growth rate (cm d^{-1})
RI H	0.29 ± 0.13
RI VD	0.29 ± 0.13
RII H	0.20 ± 0.04
RII VU	0.15 ± 0.10
RII VD	0.20 ± 0.04
sRIII	0.07 ± 0.04
dRIII	0.10 ± 0.05
RIV	0.10 ± 0.02



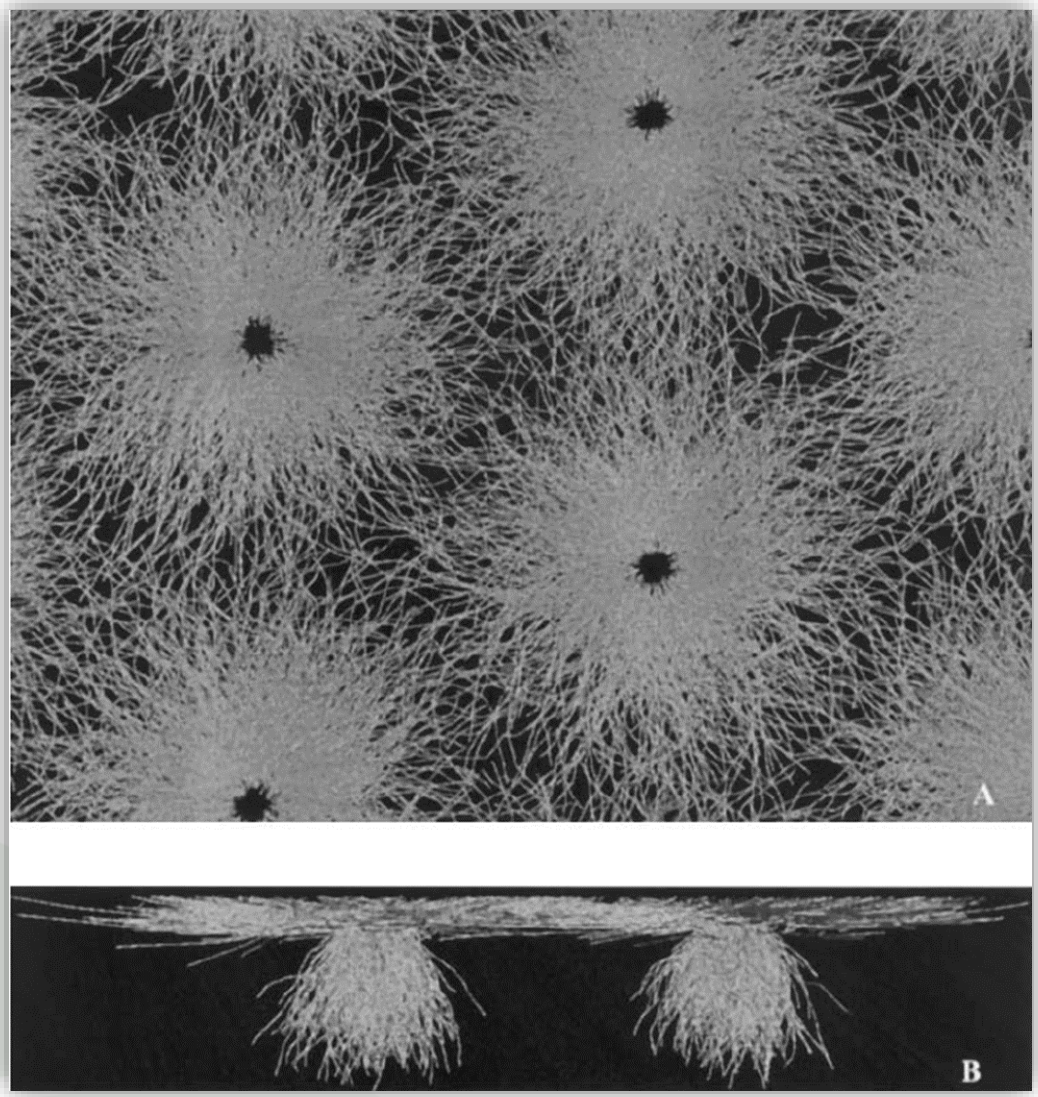
Fuente: Jourdan *et al*. 2000. Root System Architecture and Gravitropism in the Oil Palm. Annals of Botany 85: 861-868

Sistema radical tipo fasciculado (monocotiledóneas)

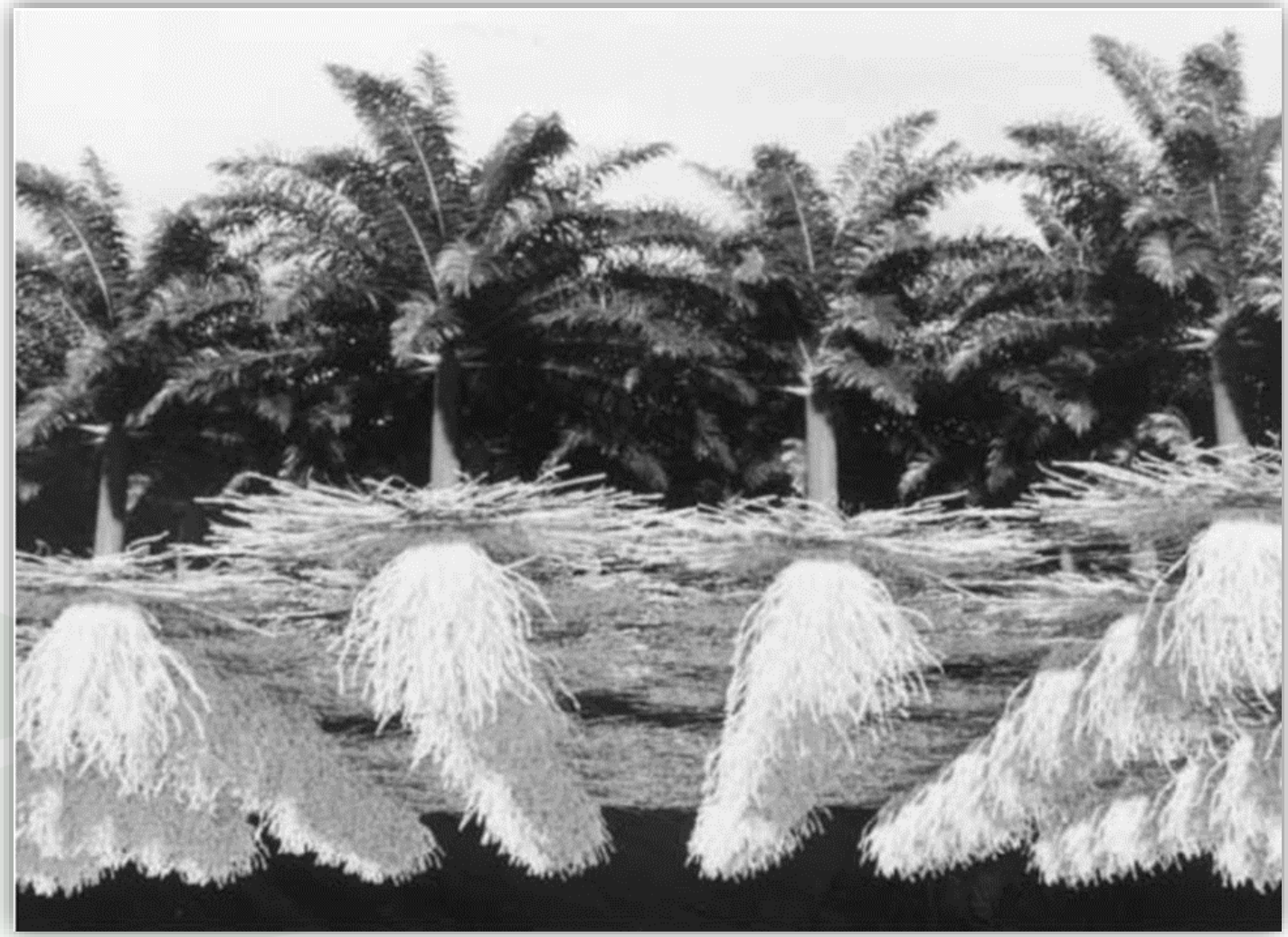


- Crecimiento radical de tipo radial
- Tiende a concentrarse 0-50 cm del suelo, aún en suelos profundos de texturas francas
- Se han observado raíces primarias a más de 25 m de la base del estipe

Fuente: Jourdan y Rey. 1997. Modelling and simulation of the architecture and development of the oil-palm (Elaeis guineensis Jacq.) root system. 2. Estimation of root parameters using the RACINES postprocessor. Plant and Soil 190(235):235-246



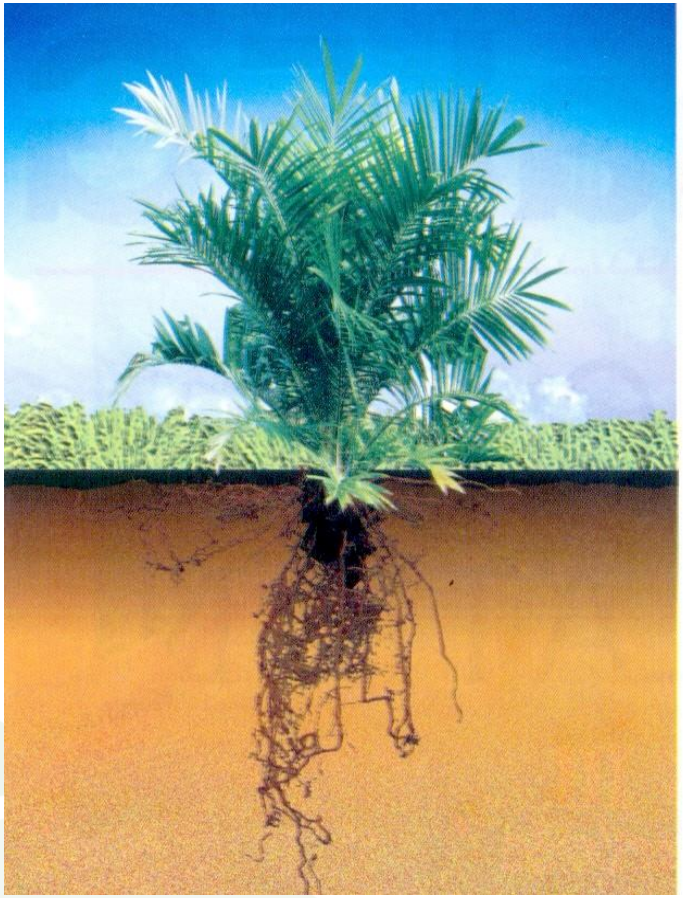
Fuente: Jourdan y Rey. 1997. Modelling and simulation of the architecture and development of the oil-palm (Elaeis guineensis Jacq.) root system. 2. Estimation of root parameters using the RACINES postprocessor. Plant and Soil 190(235):235-246



Fuente: Jourdan y Rey. 1997. Modelling and simulation of the architecture and development of the oil-palm (Elaeis guineensis Jacq.) root system. 2. Estimation of root parameters using the RACINES postprocessor. Plant and Soil 190(235):235-246

Principales funciones del sistema radical

- ✓ Anclaje (suelos de turba)



Palma recién trasplantada
(< 3 meses)

Palma joven
(< 3 años)

El primer evento es de anclaje y la búsqueda de agua en estratos profundos. Luego de algunos meses se emite el sistema superficial

Anclaje:

Fuerza para extraer una raíz:

$$F = \pi D L \delta$$

Donde:

D = diámetro de la raíz
L = largo de la raíz
δ = resistencia al corte del suelo

Crecimiento característico en suelos de turba, de texturas arenosas o suelos muy superficiales

Principales funciones del sistema radical

- ✓ Anclaje (suelos de turba)
- ✓ Absorción de la solución del suelo (agua + nutrientes)

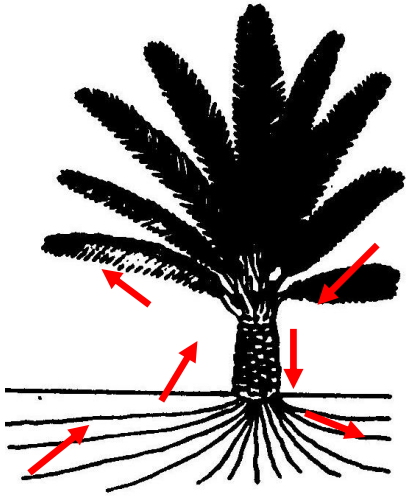
Branching order	Surface (m^2 ha^{-1})		Absorbent surfaces (%)	
	Total of the root system	Of the absorbent zones	% on total	% by branching order
RI	1887	119	1.86	6.28
RII	1445	122	1.91	8.44
RIII	1594	427	6.69	26.81
RIV	1461	812	12.71	55.58
Total	6388	1481	23.17	23.17

82,39

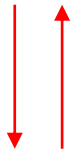
Fuente: Jourdan y Rey. 1997. Modelling and simulation of the architecture and development of the oil-palm (Elaeis guineensis Jacq.) root system. 2. Estimation of root parameters using the RACINES postprocessor. Plant and Soil 190(235):235-246

Relación raíz – parte aérea

- ✓Parte aérea: fotoasimilados.
- ✓Raíces: agua, nutrientes, reguladores de crecimiento.
- ✓Fuente-Sumidero: raíces demandan hasta un 35% fotoasimilados.



Caso 1: Existe un balance raíz-parte aérea

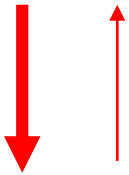


Caso 2: Existe un desbalance a favor del parte aérea

ej: pico productivo

Caso 3: Existe un desbalance a favor de la raíz

ej: suelos pobres y/o anegados



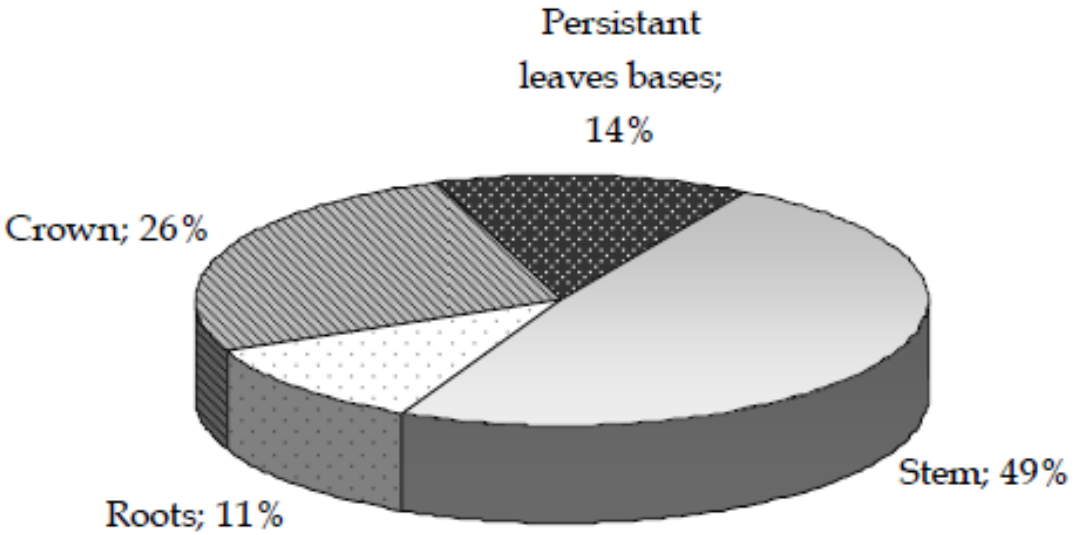


Figure 10: Standing vegetative Biomass distribution (%) of oil palm by type of organ

Fuente: Legros, S.; *et al*. 2006. Carbohydrates Reserves in 9 Years Old Oil Palm: Nature, Distribution and Seasonal Changes. 2006 International Oil Palm Conference – 19-23 June 2006 – Bali

Distribution in the vegetative compartments

The carbohydrate were mainly located in the stem (65% of total sugars), followed by the leaves (17 % of total carbohydrate) and persistent leaves bases (*figure 3*). Roots were poor in reserves (only 2%).

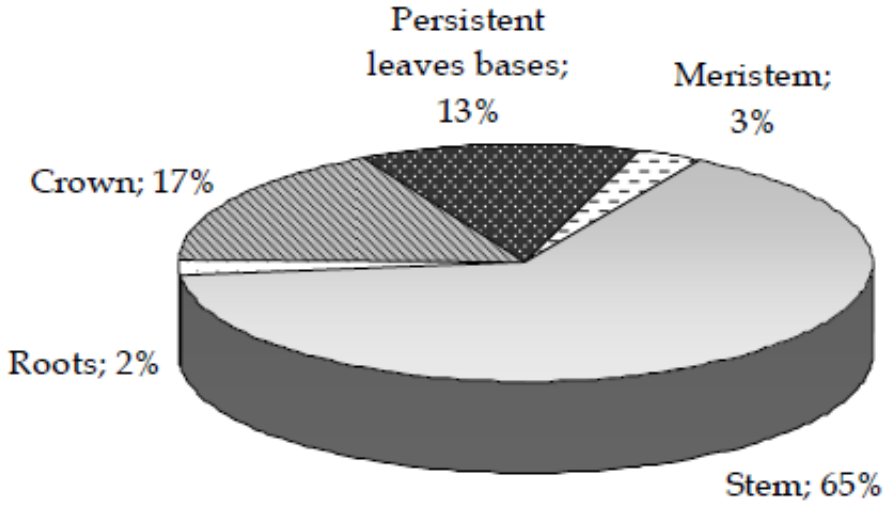


Figure 3: Distribution (%) of transitory reserves in the vegetative compartments.

Fuente: Legros, S.; *et al*. 2006. Carbohydrates Reserves in 9 Years Old Oil Palm: Nature, Distribution and Seasonal Changes. 2006 International Oil Palm Conference – 19-23 June 2006 – Bali

Principales funciones del sistema radical

- ✓ Anclaje (suelos de turba)
- ✓ Absorción de la solución del suelo (agua + nutrientes)
- ✓ Almacenamiento de Oxígeno (aerénquima)
- ✓ Formación de reguladores de crecimiento (auxinas)
- ✓ Almacenamiento de carbohidratos u otras sustancias (Zn)

- **Raíces pioneras:**

  Las raíces primarias y secundarias son las primeras en llegar a un nuevo sitio en el perfil del suelo

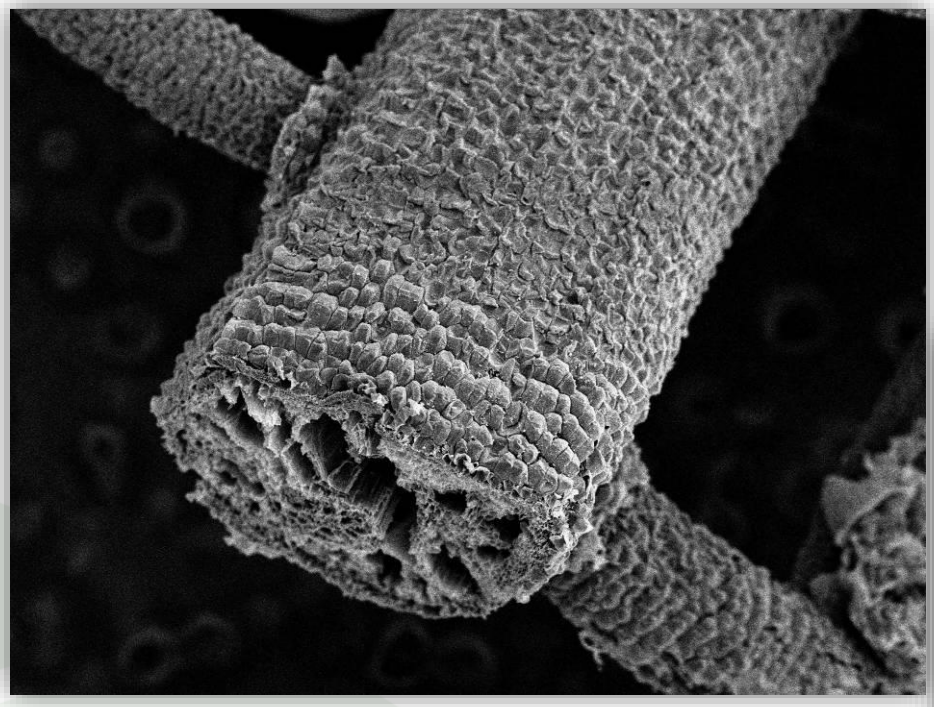
- **Raíces colonizadoras:**

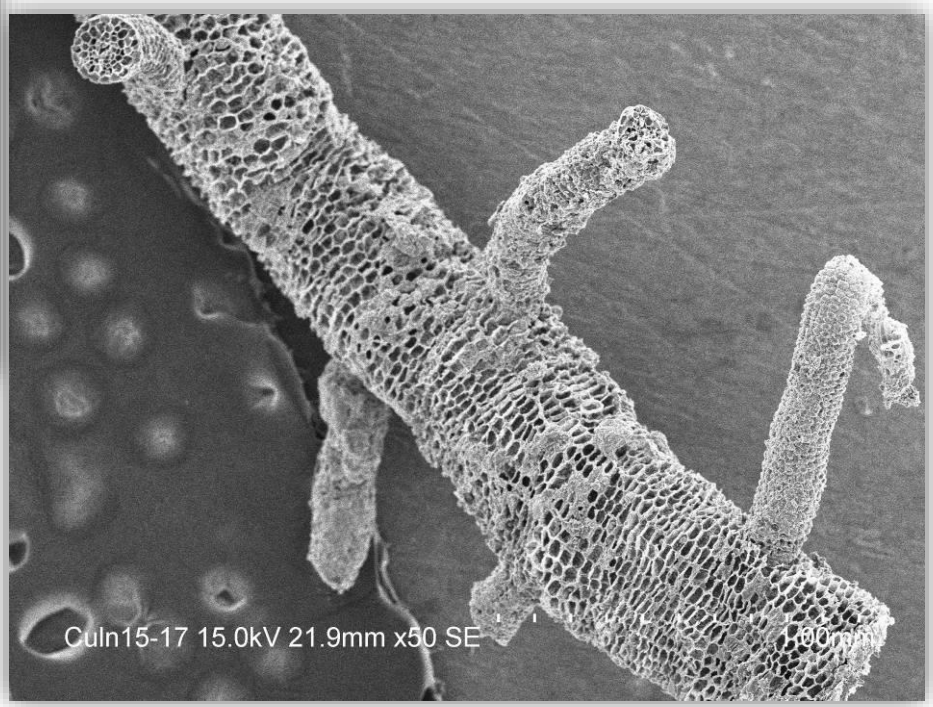
  Las raíces terciarias y cuaternarias se encargan de explotar las riquezas del sitio encontrado (crecimiento en parches). Las raíces finas NO existen sin las primarias y secundarias que las anteceden

Temas a tratar:

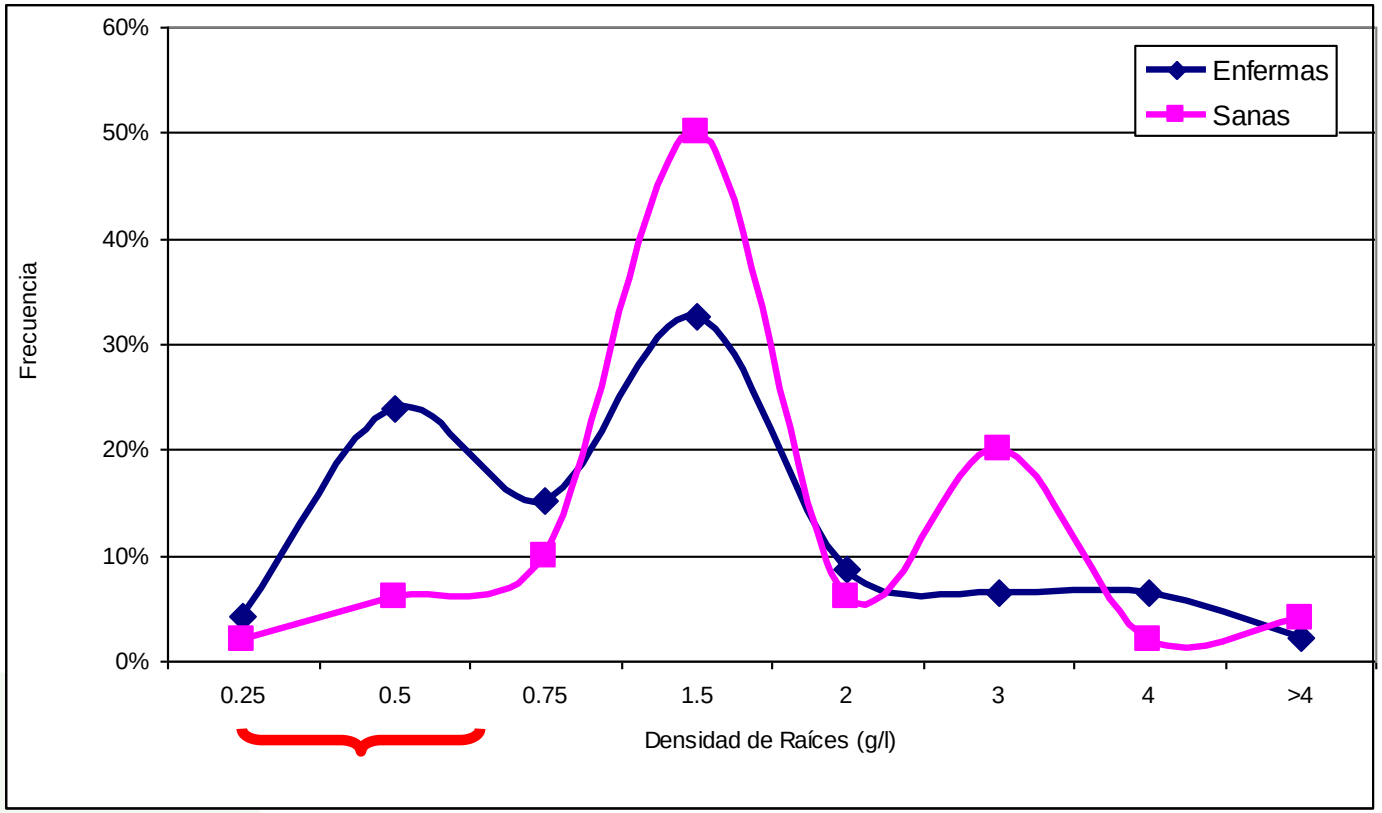
- ✓**Introducción**
- ✓**Anatomía**
- ✓**Arquitectura y morfología**
- **Factores bióticos**
  - Enfermedades
  - Microbiología de suelos
- Factores Abióticos
  - Clima
  - Aireación
  - Herbicidas
  - Toxicidades
  - Compactación
- Metodologías de Investigación
- Conclusiones
- Recomendaciones

PC y el sistema radical





Desarrollo del sistema radical de palmas jóvenes antes y durante la aparición de síntomas aéreos de PC



Distribución de frecuencias de la densidad de raíces terciarias + cuaternarias (gramos / litro) en palmas sanas y con síntomas de PC. Palmas de tres años de edad. $P<0.05$

Evolución del sistema radical y del crecimiento de la parte aérea

	Raíces Finas			Raíces Gruesas		
	Disminuyó	Similar	Aumentó	Disminuyó	Similar	Aumentó
Antes de los síntomas	94%	6%	-	89%	11%	-
Después de los síntomas	39%	17%	44%	44%	12%	44%

Porcentaje de las plantas que presentaron síntomas de FSC/PC, donde la cantidad de raíces finas disminuyó, aumentó o se mantuvo similar, antes y después de la aparición de síntomas iniciales.

Rizosanidad de la palma aceitera

Rizosanidad de la palma aceitera

Rizosanidad de la palma aceitera

GREPALMA
GREMIAL DE PALMICULTORES DE GUATEMALA

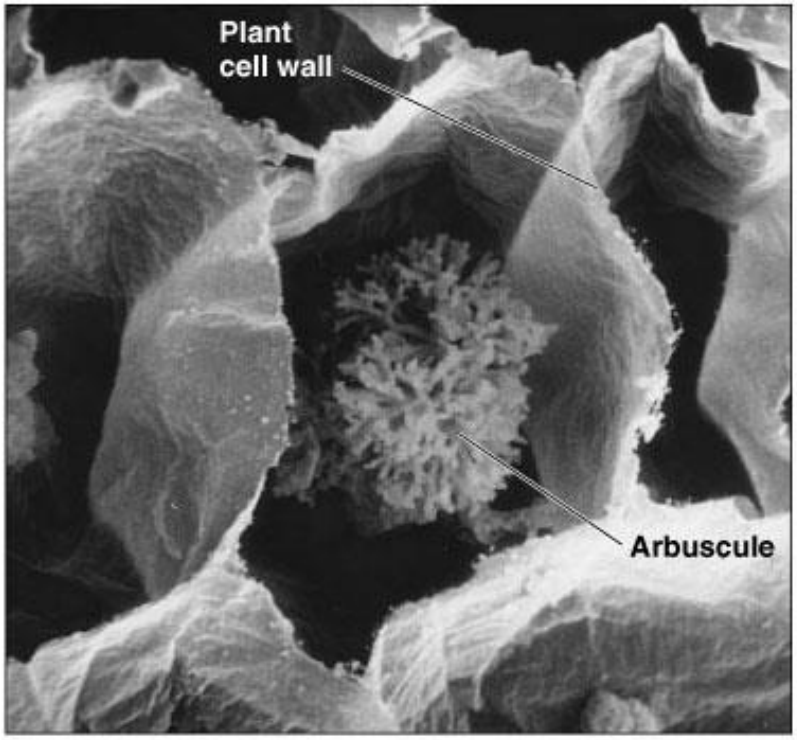
Rizosanidad de la palma aceitera

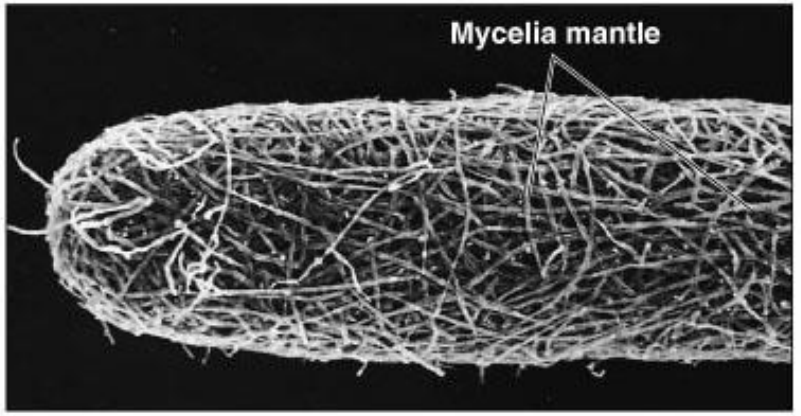
Requerimientos básicos en rizosanidad:

- Agua (evitando excesos)
- Oxígeno
- Materia orgánica

Microbiología del suelo

Micorrizas





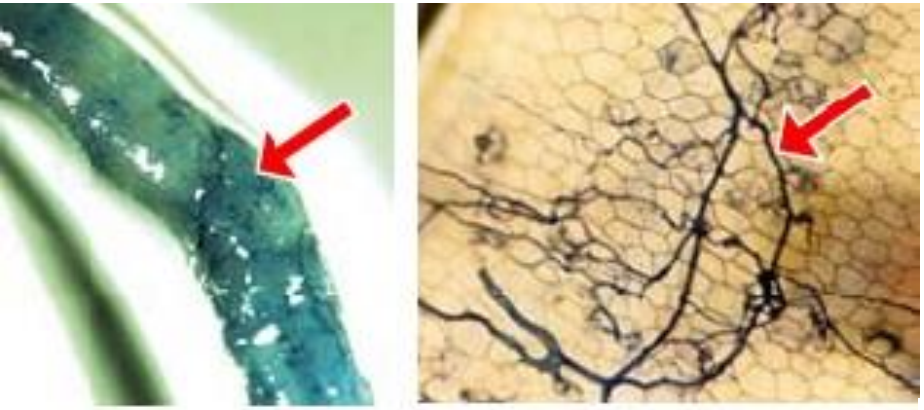


Figure 1. AM root staining: AM propagation through hyphal extension (arrowed) within the root system of oil palm seedlings.

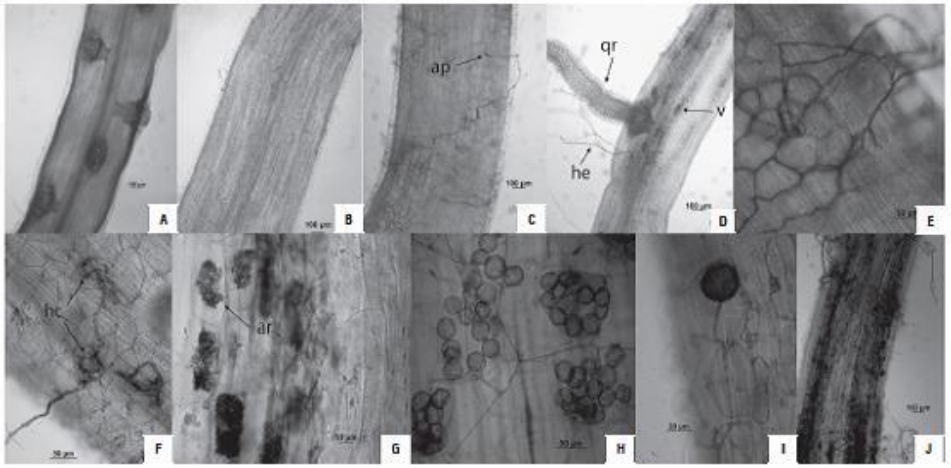


FIGURE 2. Mycorrhization process in OxG hybrid seedlings during the first four months of growth in pre-nursery. A, B, C. Roots 1 month after planting in pre-nursery. D, E, F. Roots 2 months after planting in pre-nursery. G, H, I. Roots 4 months after planting in pre-nursery. A. Lignified tertiary roots. B. Non-lignified tertiary root without points of colonization. C. Tertiary root with initial points of colonization in the hypodermis. D. Tertiary root mycorrhized with quaternary root. E. Intramatrical hyphal networks in the cortex. F. Beginning of formation of hyphal coiling of *Paris*-type morphology. G. Detail of *Arum*-type arbuscules formed after inoculation with *Glomus intraradices*. Note the vascular bundles adjacent to arbuscule network and hyphae H, I. Intramatrical spores present in roots inoculated with *G. intraradices*. J. Fully mycorrhized tertiary root. Appressorium (ap). Arbuscule (ar). Vesicle (v). Extraradical hyphae (he). Quaternary root (qr). Hyphal coiling (hc). (Photos: Galindo-Castañeda, T.)

Plagas

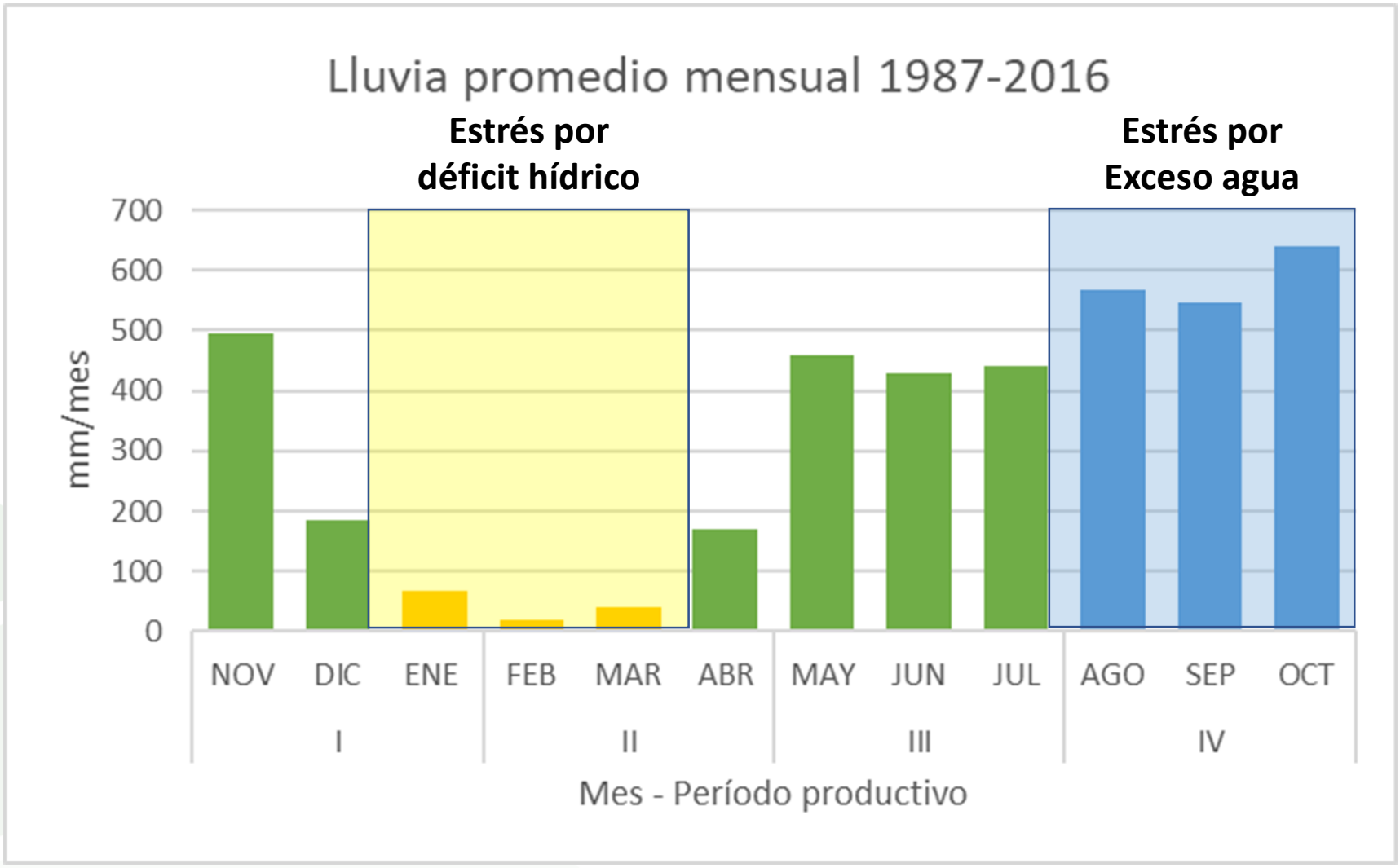
Sagalassa valida

Barrenador de las raíces primarias. Provoca volcamiento de las palmas. Asociado a zonas boscosas aledañas a las plantaciones. La hembra coloca los huevecillos sobre la superficie del suelo.

Temas a tratar:

- ✓ **Introducción**
- ✓ **Anatomía**
- ✓ **Arquitectura y morfología**
- ✓ **Factores bióticos**
  - Enfermedades
  - Microbiología de suelos
- ✓ **Factores Abióticos**
  - Clima
  - Aireación
  - Herbicidas
  - Toxicidades
  - Compactación
- Metodologías de Investigación
- Conclusiones
- Recomendaciones

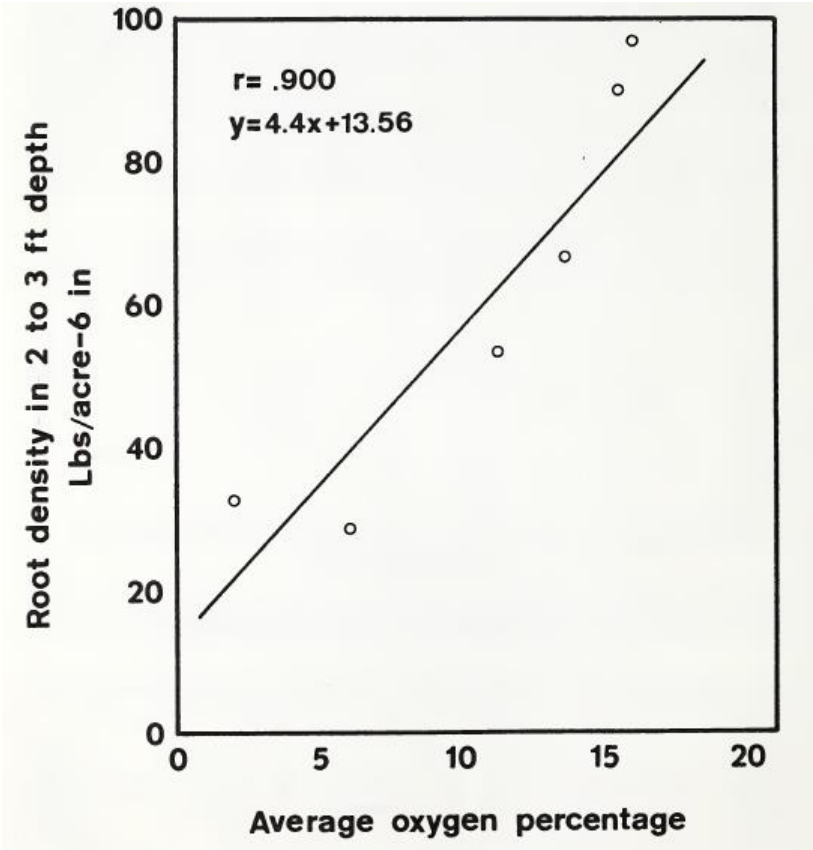
Clima


Lluvia promedio mensual 1987-2016
Estrés por déficit hídrico
Estrés por Exceso agua
mm/mes
700
600
500
400
300
200
100
0
NOV
DIC
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
I
II
III
IV
Mes - Período productivo

Aireación (Oxígeno)

Table 2. *Effect on growth over a 10 d period of daily interruptions in the supply of air to the roots of kiwifruit vines grown in solution culture*

Number of hours per day without aeration	Total dry weight of the vine (g pot^{-1})	Shoot : root ratio	Root length (m)
9	23·9	5·28	358
6	25·2	5·26	425
3	26·6	4·10	467
0	32·2	4·02	527
SEM	0·55	0·70	55

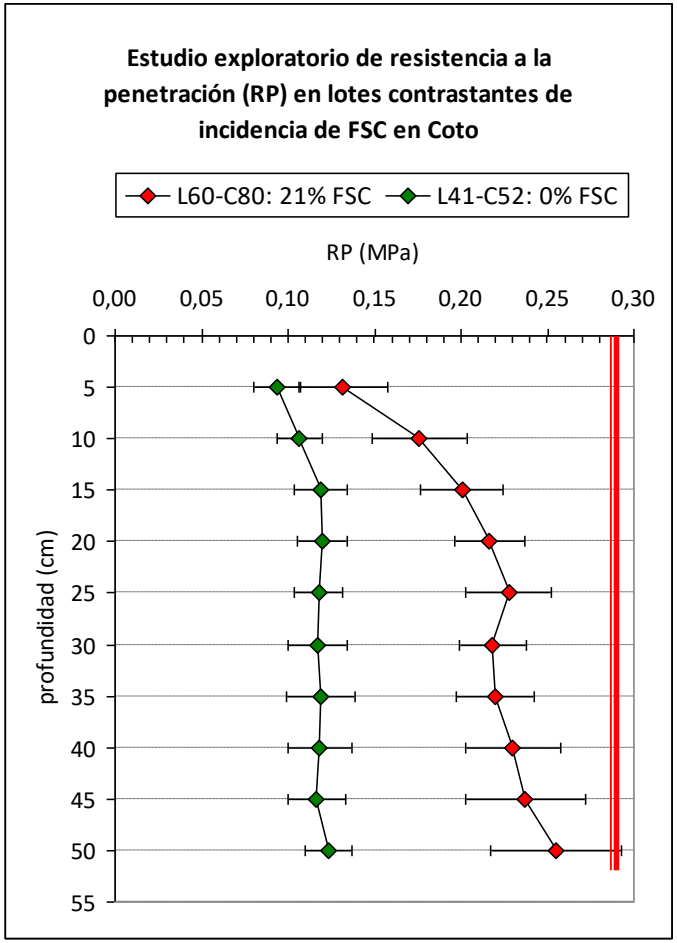


Suelo:
capacidad para suplir O_2

Mal drenaje y compactación limitan el suministro de O_2

La respiración de las raíces es el primer proceso que afecta la deficiencia de O_2. Inmediatamente se afecta:

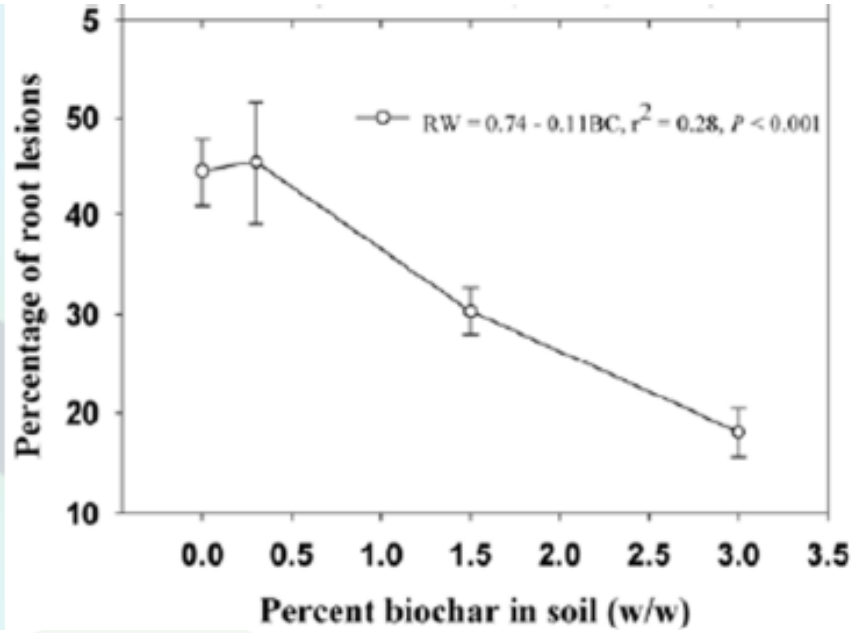
- Crecimiento
  - Menor crecimiento de raíces
    - *La habilidad de absorber nutrimentos y agua se ve comprometida por la longitud de raíces/unidad de volumen de suelo*
- Absorción de agua
  - Cierre estomático y menor permeabilidad de las raíces al agua
  - Marchitez

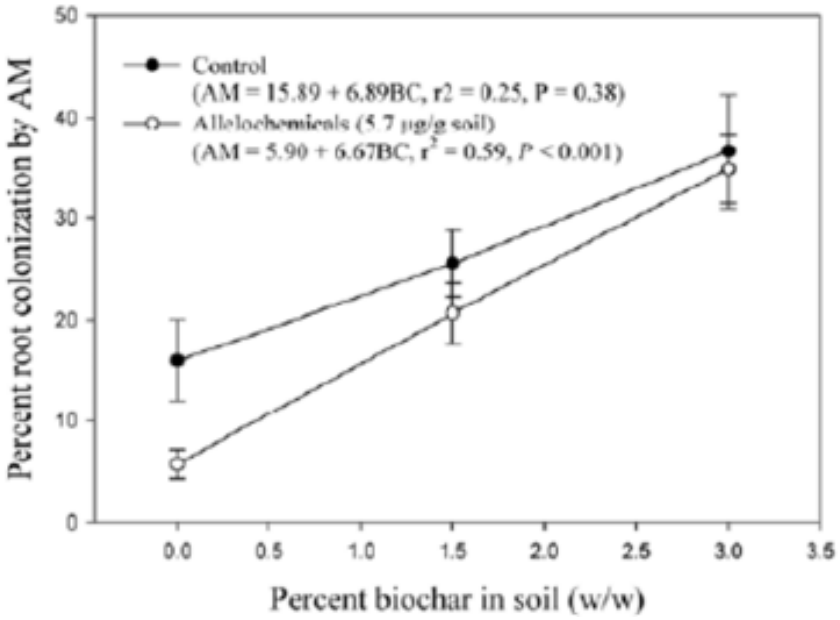


Raíces de palma aceitera y Aluminio

Aspecto del sistema radical de palmas en hidroponía expuestas a diferentes cantidades de aluminio en solución (0-100-200-300 µmol l^{-1}), dentro del ámbito de concentraciones determinadas en pasta saturada.

Biochar


Percentage of root lesions
RW = 0.74 - 0.11BC, r2 = 0.28, P < 0.001
Percent biochar in soil (w/w)


Percent root colonization by AM
Control
(AM = 15.89 + 6.89BC, r2 = 0.25, P = 0.38)
Allelochemicals (5.7 μg/g soil)
(AM = 5.90 + 6.67BC, r2 = 0.59, P < 0.001)
Percent biochar in soil (w/w)

Drenaje

Drenaje

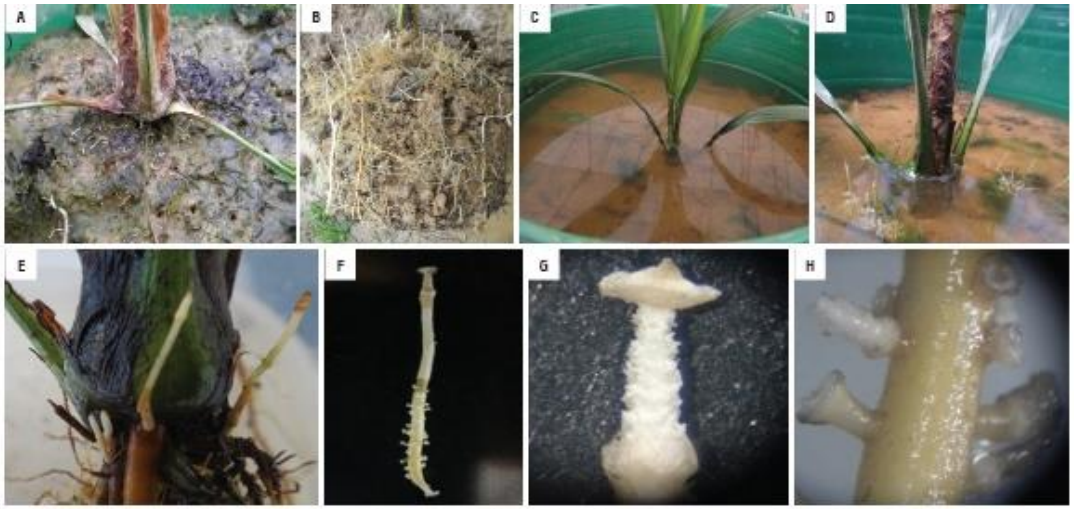


FIGURE 2. Appearance of the pneumatophores that grow under waterlogged conditions in oil palm (*E. guineensis*) seedlings: A, under partial waterlogging; B-H, under continuous waterlogging; C, water surface without the presence of pneumatophores one day after starting treatment; D, presence of pneumatophores 20 d after starting treatment; E, formation of pneumatophores from primary roots; F, individual pneumatophore; G, apex of the pneumatophore; H, lenticels on the surface of the pneumatophore; G and H, 10x stereomicroscopic image.

FIGURE 3. Optical microscope image (10x) of methylene blue stained cross-sections (120 μm thick and 3.5±0.5 mm diameter) of primary roots oil palm (*E. guineensis*) grown under waterlogged conditions. A, partial waterlogging; B, continuous waterlogging; C, pneumatophore: a, rhizodermis (in the case of pneumatophores, it broke and the parenchyma became suberized on the edges); b, parenchyma; c, endodermis; d, vascular bundle; e, aerenchyma. A secondary root or pneumatophore appears from the endodermis of the root under partial waterlogging.

Fuente: Rivera-Mendes *et al*. 2016. Respuestas fisiológicas de plántulas de palma de aceite (Elaeis guineensis Jacq.) a diferentes condiciones hídricas del suelo. Agronomía Colombiana, Vol. 34, Núm. 2 (2016)

Mal drenaje y rizosanidad

Herbicidas

Glifosato

Se absorbe vía raíz y se trasloca a los puntos de crecimiento (meristemo apical y raíces), fuerte quelatante de cationes, vida media en el suelo de 60 días

Metsulfuron

Persistente en el suelo (8 y 144 días), afecta los puntos de crecimiento, sobredosis por bajo precio

Compactación

Compactación

American Journal of Agricultural and Biological Sciences 5 (1): 15-19, 2010
ISSN 1557-4989
© 2010 Science Publications

Soil Compaction and Oil Palm (*Elaeis guineensis*) Yield in a Clay Textured Soil

[1]Zuraidah Yahya, [2]Aminuddin Husin, [2]Jamal Talib, [3]Jamarei Othman,
[4]Osumanu Haruna Ahmed and [5]Mohamadu Boyie Jalloh
[1]Biology Division, Malaysian Palm Oil Board, No. 6 Persiaran Institusi, BB Bangi, 43000 Kajar
[2]Department of Land Management, Faculty of Agriculture, University Putra Malaysia,
43400 UPM Serdang, Malaysia
[3]Department of Agricultural and Biological Engineering, Faculty of Engineering,
University Putra Malaysia, 43400 UPM Serdang, Malaysia
[4]Department of Crop Science, Faculty of Agriculture and Food Science,
University Putra Malaysia, Bintulu Campus, Sarawak, 97008 Bintulu, Sarawak, Malaysia
[5]Crop Production Programme, School of Sustainable Agriculture, University Malaysia Sabah,
Locked Bag 2073, 88999 Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia

Abstract: Problem statement: The impacts of soil compaction on crop yields have been studied extensively by soil scientists due to declining soil productivity associated with mechanisation. However, a relationship between machine-induced soil compaction and oil palm (*Elaeis guineensis*) yield is unclear. Therefore, the objectives of this study were to determine the effects of mechanization on soil physical properties and the influence on oil palm yield. **Approach:** The palms were planted in Bernam series soil which is clay textured. Compaction treatments were imposed for 6 consecutive years. Comparisons were made between the effects of soil compaction caused by different trailer weights and monthly transportation frequency. **Results:** The results showed a beneficial effect of soil compaction on the oil palm yield. It significantly increased the yield with increased mean soil bulk density. The transportation frequency played a greater role than the trailer weight. After six years of soil compaction, there was a positive relationship between mean soil bulk density, porosity and oil palm yield. **Conclusion:** Thus compaction may not often be a problem.

Key words: Soil compaction, oil palm, transportation frequency, trailer weight, soil physical properties

American Journal of Applied Sciences 7 (3): 343-348, 2010
ISSN 1546-9239
© 2010Science Publications

Oil Palm (*Elaeis guineensis*) Roots Response to Mechanization in Bernam Series Soil

[1]Zuraidah Yahya, [2]Aminuddin Husin, [2]Jamal Talib, [3]Jamarei Othman,
[4]Osumanu Haruna Ahmed and [5]Mohamadu Boyie Jalloh
[1]Biology Division, Malaysian Palm Oil Board, No. 6 Persiaran Institute,
BB Bangi, 43000 Kajang, Selangor, Malaysia
[2]Department of Land Management, Faculty of Agriculture,
University Putra Malaysia, 43400 UPM Serdang, Selangor, Malaysia
[3]Department of Agricultural and Biological Engineering, Faculty of Engineering,
University Putra Malaysia, 43400 UPM Serdang, Selangor, Malaysia
[4]Department of Crop Science, Faculty of Agriculture and Food Science,
University Putra Malaysia, Bintulu Campus, Sarawak, 97008 Bintulu, Sarawak, Malaysia
[5]Crop Production Programme, School of Sustainable Agriculture, University Malaysia Sabah,
University Malaysia Sabah, Locked Bag 2073, 88999 Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia

Abstract: Problem statement: Field practices involving the use of mechanization in oil palm plantations could result in soil compaction which alters the soil physical properties. The gradual deterioration of soil physical conditions could restrict the growth and function of roots. This study was carried out to evaluate the response of oil palm roots to changes in soil physical properties due to mechanization in Bernam series soil belonging to the clay texture class. **Approach:** Compaction treatments were imposed for 6 consecutive years and a comparison was done on the effects of different trailer weights on oil palm roots growth. Roots and soil were sampled using root and soil augers at 0-30 cm depth from the harvesting and frond pile paths. **Results:** The results showed that the oil palm roots were affected by the mechanization treatments. Growth of oil palm roots was significantly affected by the 4T trailer weight. Palms in compacted soil produced less primary and secondary roots but this was compensated for by the production of longer and thicker tertiary and quaternary roots. **Conclusion:** The compaction treatments affect the soil physical properties, which in turn affect the growth and distribution of oil palm roots.

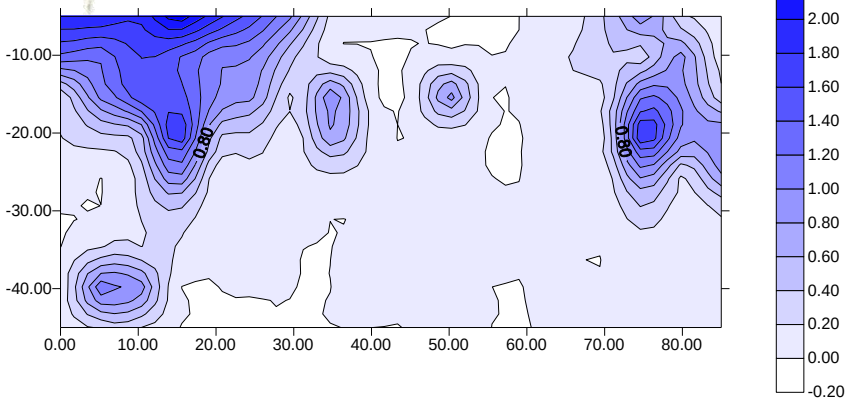
Key words: Soil compaction, oil palm roots, trailer weight, soil physical properties

Diagnóstico

GREPALMA
GREMIAL DE PALMICULTORES DE GUATEMALA

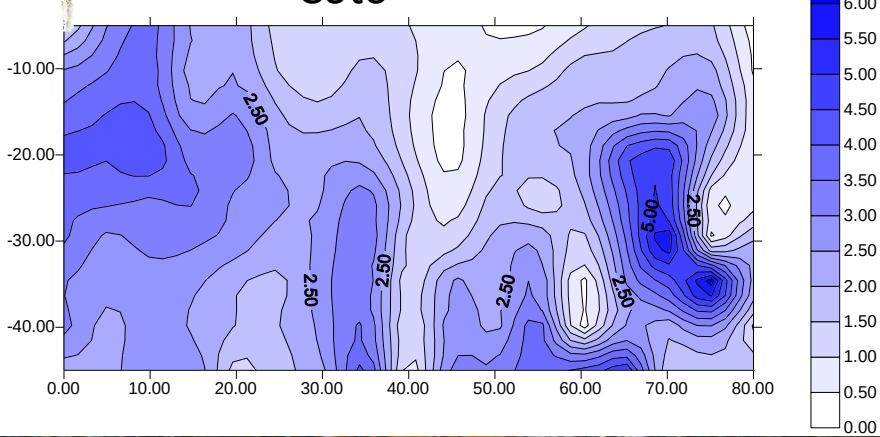
Lote 118

Coto



Lote 63

Coto



Sin labranza de terreno

Con labranza de terreno (trincho)

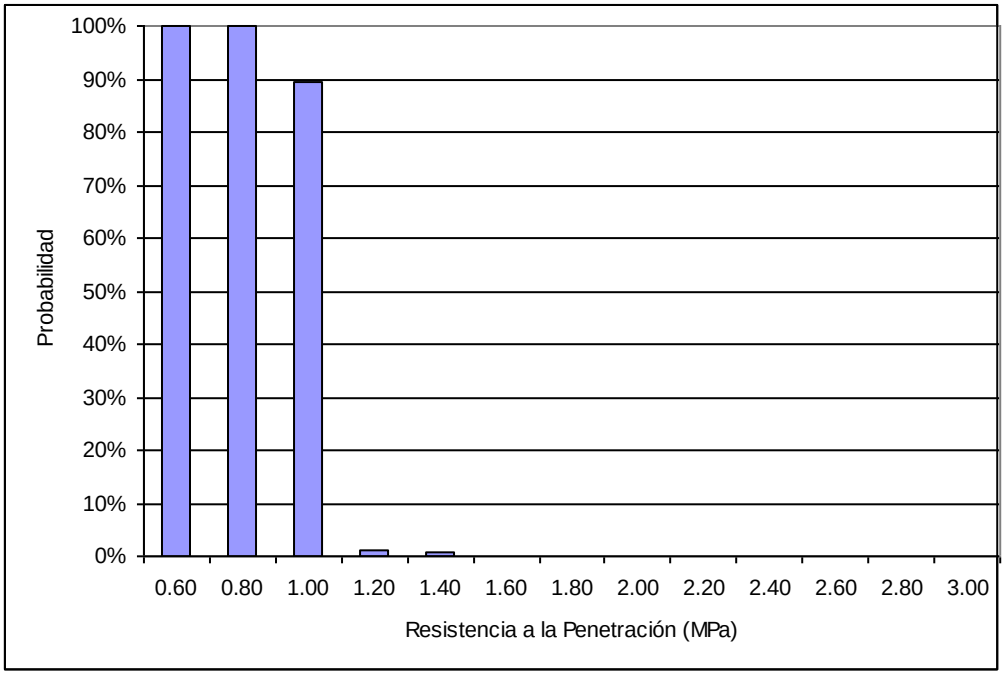
Compactación

Carga de racimos (número de racimos/palma), longitud del raquis (LR en cm.), área transversal del pecíolo (PxS en cm^2) y área foliar (AF en m^2) en dos sitios con diferentes condiciones de drenaje (sitio dos con nivel freático fluctuante) subsolados o no.

LOTE	Método	Carga de Racimos	LR	PxS	AF
1	Subsolado	5.33 a	225	8.31 a	2.24 a
1	NO-subsolado	3.56 ab	216	8.54 a	2.33 a
2	Subsolado	2.61 bc	220	7.84 a	2.15 a
2	NO-subsolado	1.17 c	221	6.07 b	1.66 b

Nota: Letras diferentes en una misma columna de datos denota diferencias estadísticas. P<0.05%, DMS 5%.

Compactación



Análisis de probabilidad de encontrar una densidad de raíces mayor a 0.5, según el valor de resistencia a la penetración en MPa.

Compactación

Suelo arenoso

Temas a tratar:

- ✓**Introducción**
- ✓**Anatomía**
- ✓**Arquitectura y morfología**
- ✓**Factores bióticos**
  - Enfermedades
  - Microbiología de suelos
- ✓**Factores Abióticos**
  - Clima
  - Aireación
  - Herbicidas
  - Toxicidades
  - Compactación
- ✓**Metodologías de Investigación**
- Conclusiones
- Recomendaciones

Metodologías de estudio

Deben de ser adecuados a los objetivos de la investigación

	Conteos	Materia Seca	Clasificación Jerárquica	Longitud Radical Específica	Superficie Radical Específica	Distribución Espacial	Densidad de la Longitud Radical (cm/cm3)	Volumen Radical	Grado de subdivisiones	Conteo de meristemos	Fitosanidad
Excavaciones	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
Monolito	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
Barreno	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
Perfil	x		x			x					x
Ventanas	x		x			x			x		x
Sacos	X	x	x	x	x			x	x	x	x
Minirizotrones	X		x			x	x				x
Tomografía computadorizada			x			x			x		
Resonancia magnética			x			x			x		

Metodologías para la evaluación del sistema radical

Métodos de Muestreo	Variables a evaluar
Barreno Holandés (Root auger sampler)	Densidad de Raíces (g/l)
	Rizosanidad
Sacos de Muestreo (in-growth bags)	Densidad de Raíces (g/l)
	Rizosanidad
Perfiles de Observación (Soil Profile Windows)	Densidad de Raíces (Conteo/cm^2)

Trincheras o Monolitos

La parte más difícil es la construcción de las trincheras, lo cual se puede hacer con ayuda de maquinaria agrícola

Genera una gran cantidad de información

La información generada es puntual y difícilmente se pueda repetir el muestreo en una misma planta

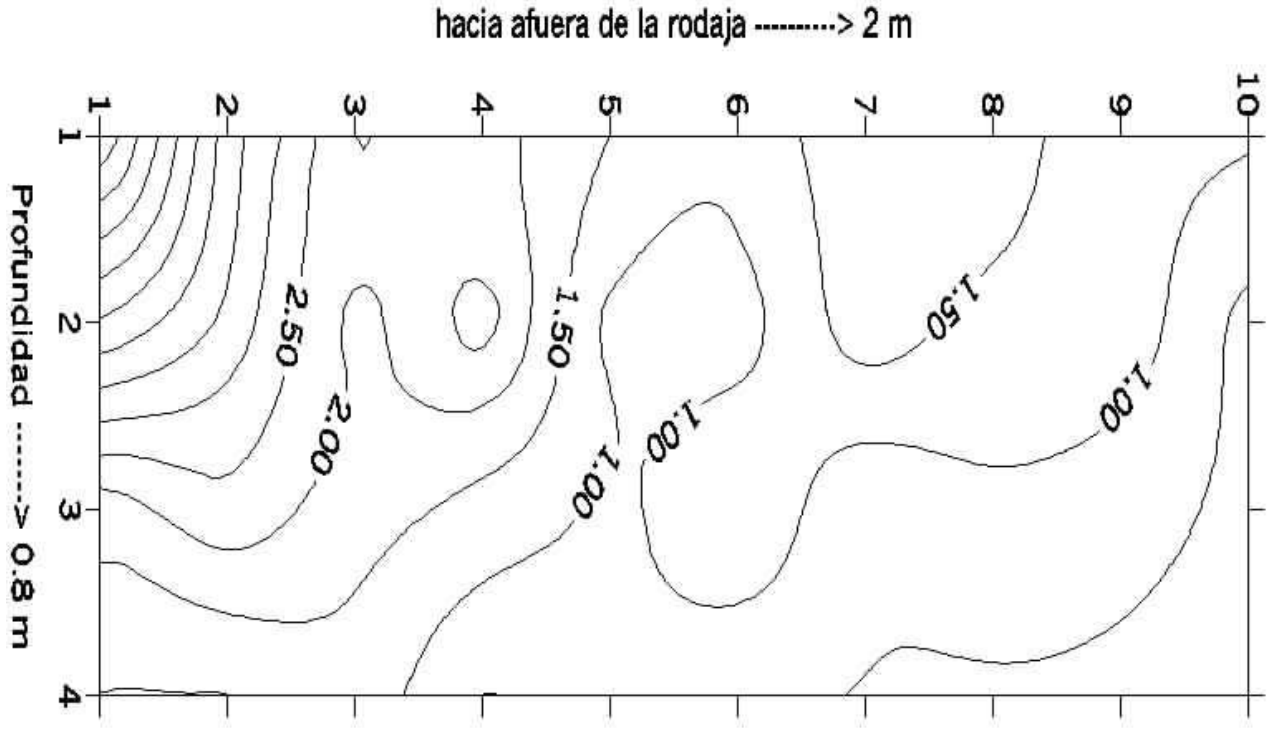
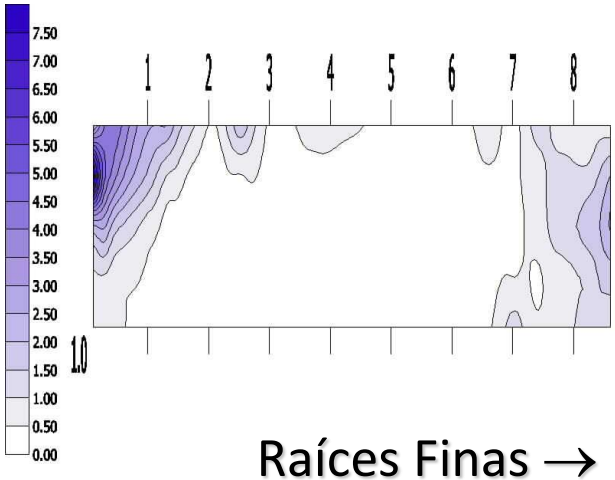


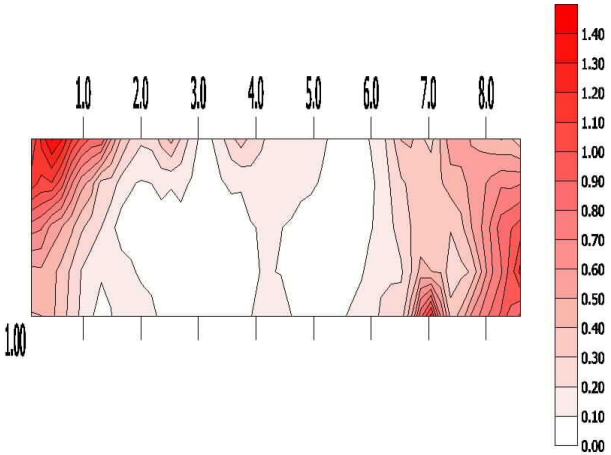
Figura 3. Distribución de la densidad de raíces (g/L) del sistema radical de una palma aceitera joven.

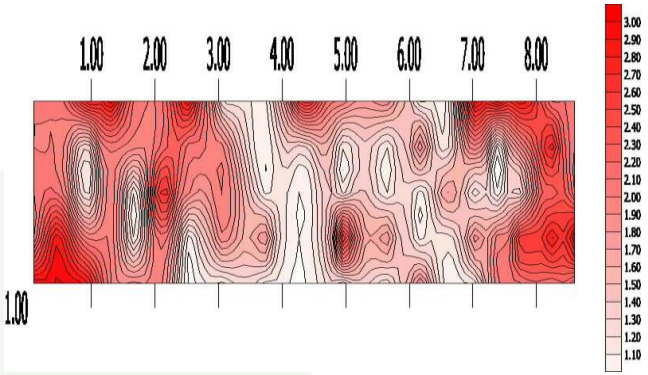
Ejemplo de trincheras de muestreo



Raíces Finas →

← Raíces Totales





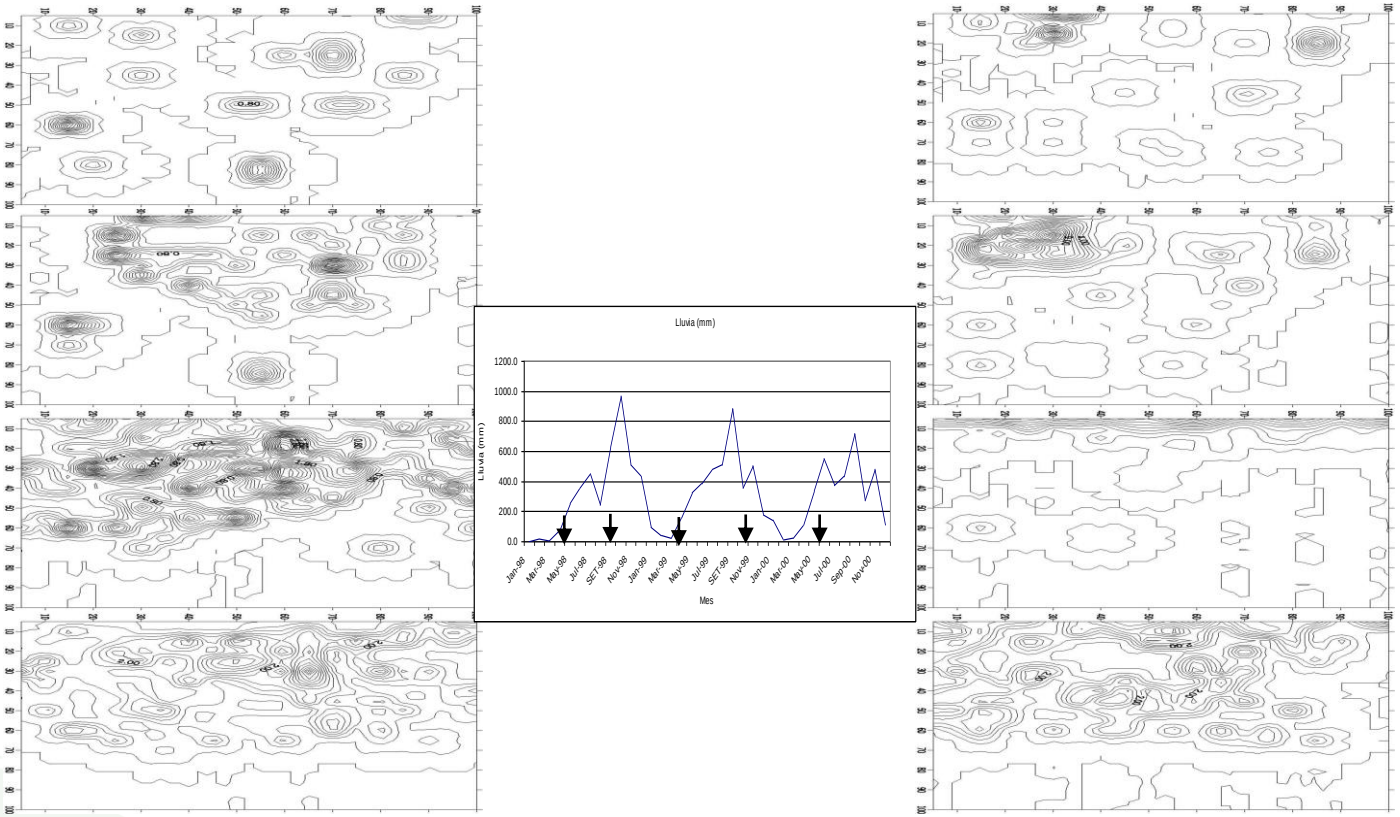
← Raíces Negra

Ventanas de Observación

Este método permite la evaluación de la dinámica del sistema radical en el tiempo y en el espacio.

Se diferencia del método de trincheras ya que las ventanas de observación las condiciones ambientales se tratan de mantener lo menos alteradas posibles.

.Permite evaluar tipos y distribución de raíces, no es cuantificable en materia seca.

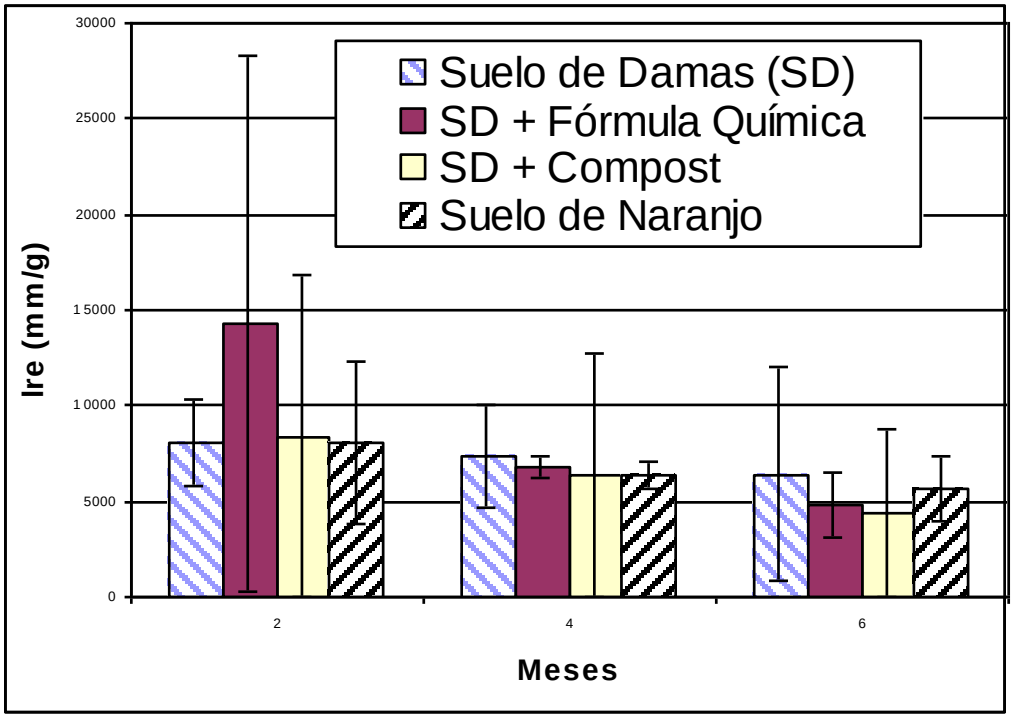


A **B**

Distribución del sistema radical de una palma aceitera joven, utilizando la técnica de las ventanas de observación y el conteo en cuadrícula de 5x5 cm. A: raíces tipo I+II, B: sistema radical fino (III+IV), según las cuatro épocas de muestreo (4, 9, 16 y 24 meses despues de la siembra)

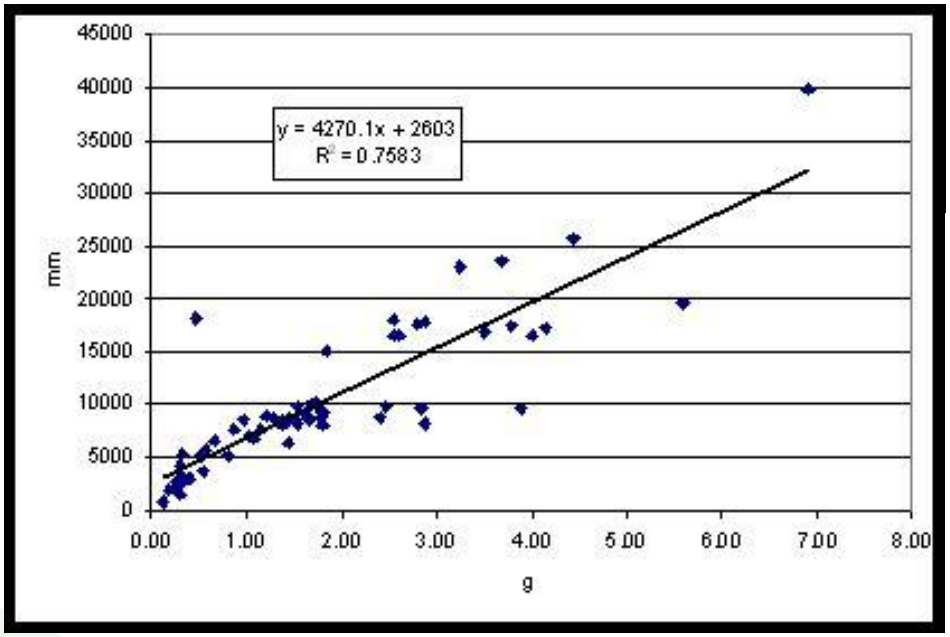
Sacos de Muestreo

- Se utilizan sacos fabricados de un material poco degradable (cedazo de fibra de vidrio), los cuales se entierran en el sitio deseado y se muestrean en el tiempo
- Este método permite evaluar *in situ* el efecto de los tratamientos, en las condiciones de campo seleccionadas
- Muy útil para evaluar residualidad de un tratamiento
- La labor de muestreo se facilita

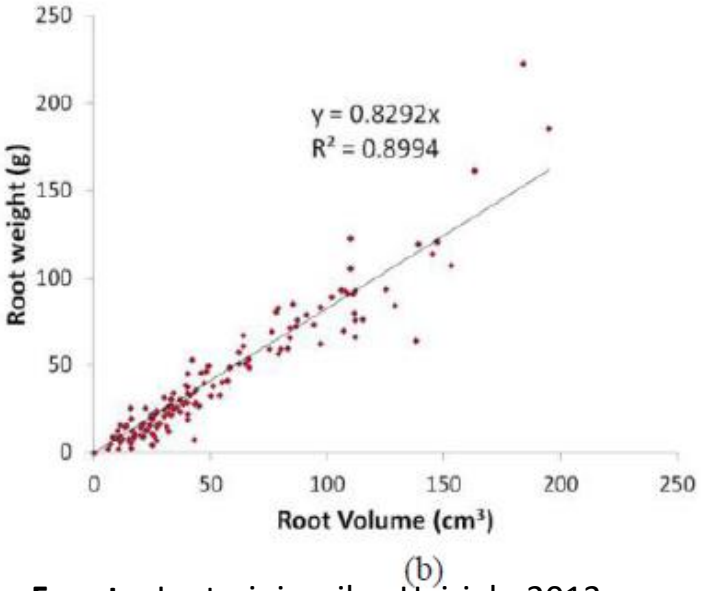


Longitud radical específica (**lre**) en milímetros por gramo de raíz fina para cada tratamiento en las tres fechas de muestreo (2, 4 y 6 meses después de enterrados los sacos).

Escaneo de raíces



Análisis de regresión entre la materia seca de muestras de raíz clasificadas como finas (III+IV) de palma aceitera provenientes de sacos de muestreo y la longitud radical total de las mismas muestras, indistintamente de los tratamientos y fechas de muestreo. Coeficiente de correlación de Pearson 0.8717



(b)

Fuente: Lestariningsih y Hairiah, 2013

Temas a tratar:

- ✓**Introducción**
- ✓**Anatomía**
- ✓**Arquitectura y morfología**
- ✓**Factores bióticos**
  - Enfermedades
  - Microbiología de suelos
- ✓**Factores Abióticos**
  - Clima
  - Aireación
  - Herbicidas
  - Toxicidades
  - Compactación
- ✓**Metodologías de Investigación**
- ✓**Conclusiones**
- Recomendaciones

Condiciones causantes de estrés radical

- ✓ Capas compactadas (hardpan o pie de arado)
- ✓ Nivel freático alto (freatímetros)
- ✓ Suelos poco profundos (esqueléticos)
- ✓ Texturas extremas (anisotropía)
- ✓ Horizontes contrastantes (conductividad hidráulica)
- ✓ Períodos altos de producción (desbalances energéticos)
- ✓ Toxicidad de aluminio
- ✓ Acidez (pH)
- ✓ Anoxia
- ✓ Agroquímicos (herbicidas)

¿Combinación de las anteriores?

Factores del sistema radical que se afectan por estrés

- tasa de elongación
- longevidad
- tasa de subdivisión
- rizosanidad
- tasa de regeneración o restitución (turnover)

Temas a tratar:

- ✓**Introducción**
- ✓**Anatomía**
- ✓**Arquitectura y morfología**
- ✓**Factores bióticos**
  - Enfermedades
  - Microbiología de suelos
- ✓**Factores Abióticos**
  - Clima
  - Aireación
  - Herbicidas
  - Toxicidades
  - Compactación
- ✓**Metodologías de Investigación**
- ✓**Conclusiones**
- ✓**Recomendaciones**

Perspectivas del estudio de raíces en palma aceitera

- Manejo integral de la rizosanidad
- Longevidad del sistema absorbente (materia orgánica)
- Variación estacional (biomasa y químico)
- Validación de la información para diferentes tipos de suelos y variedades
- Afinamiento de programas de fertilización

GREPALMA
GREMIAL DE PALMICULTORES DE GUATEMALA

¡Gracias!