

Sistema radical de la palma de aceite: conocimiento y manejo.



**Presenta: Nolver Atanacio Arias Arias I.A. Ph.D.
Álvaro Hernán Rincón Numpaque. I.A.**

Participan: Cristian Acero, Marco Olivares, Armando Manotas, Isaac Torres, Jari Rodríguez, Carlos Rodríguez, Luis Macías, Dora Martínez, Juan Artunduaga, Dianorgen Castro, Eleodoro Meneses, Wilson Pérez, Diego Molina, Jhon Jiménez, Arley Zapata, , Álvaro Rincón, Víctor Rincón, Tulia Delgado, Greidy Ladino, Andrea Zabala, Osmar Barrera, Jorge Torres, Nolver Arias.

Barrancabermeja, noviembre de 2020



Esta presentación es propiedad de la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, por tanto, ninguna parte del material ni su contenido, ni ninguna copia del mismo puede ser alterada en forma alguna, transmitida, copiada o distribuida a terceros sin el consentimiento expreso de Cenipalma. Al realizar esta presentación, Cenipalma ha confiado en la información proveniente de fuentes públicas o fuentes debidamente publicadas. Contiene recomendaciones o sugerencias que profesionalmente resultan adecuadas e idóneas con base en el estado actual de la técnica, los estudios científicos, así como las investigaciones propias adelantadas. A menos que este expresamente indicado, no se ha utilizado en esta presentación información sujeta a confidencialidad ni información privilegiada o aquella que pueda significar incumplimiento a la legislación sobre derechos de autor. La información contenida en esta presentación es de carácter estrictamente referencial y así debe ser tomada y está ajustada a las normas nacionales de competencia, Código de Ética y Buen Gobierno de la Federación, respetando en todo momento la libre participación de las empresas en el mercado, el bienestar de los consumidores y la eficiencia económica.

Es tiempo de ...

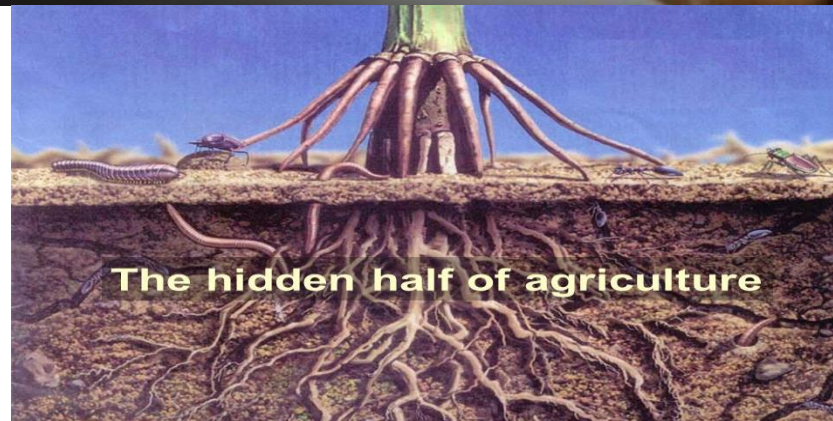
BESA EL SUELO

Besa el suelo

2020 | 7+ | 1 h 24 min | Documentales sobre ciencia y naturaleza

Expertos en ciencias y activistas famosos descifran las maneras en las que el suelo podría ser la clave para combatir el cambio climático y conservar el planeta.

Protagonistas: Woody Harrelson



Nutrición de la palma de aceite:

Componentes

Suelo

- Física
- Química
- Biología

Planta

- Fisiología
- Requerimientos nutricionales.
- **Interacciones bióticas y abióticas**

Ecosistema

- Tierras
- Ambiente
- **Vegetación acompañante**

Gente

- Conocimientos.
- Nivel de decisión y disponibilidad y recursos.
- Eficiencia.

Eficiencia de la nutrición – Indicadores (técnico – económico – ambiental)

Contenido

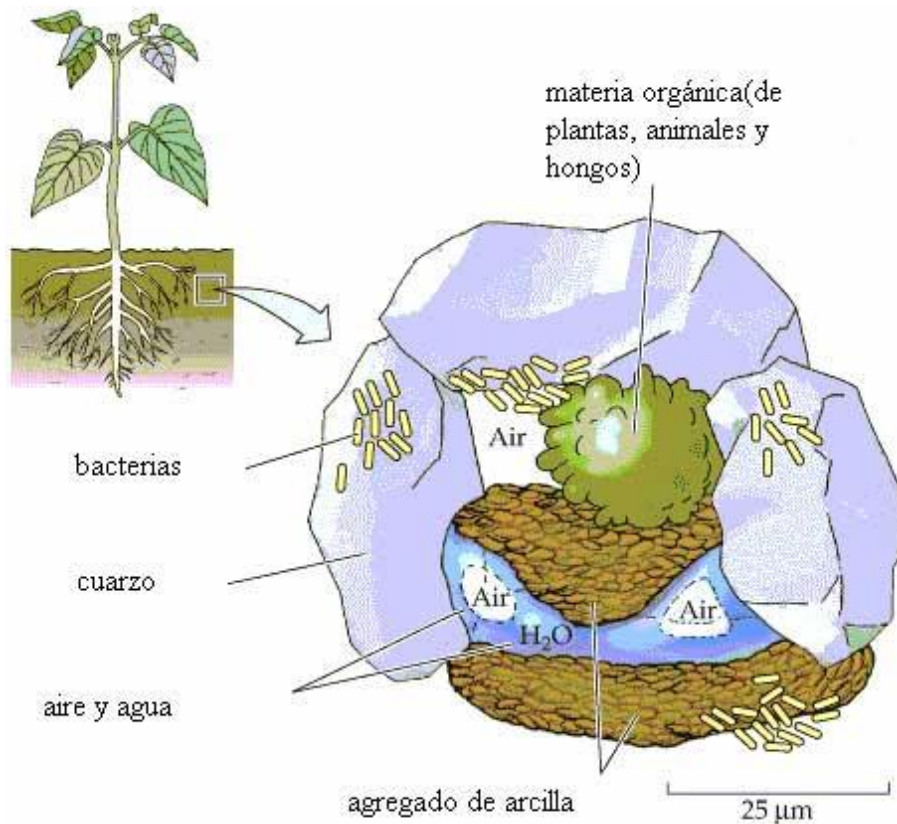
1. Introducción
2. Arquitectura y morfología del sistema radical en palma de aceite.
3. Metodologías de evaluación del sistema de raíces.
4. Factores asociados a la dinámica del sistema radical en palma de aceite.
5. Interacciones abióticas, bióticas y su manejo.
6. Posibilidades de mejora de la rizosfera.
7. Comentarios de cierre

Contenido

1. Introducción
2. Arquitectura y morfología del sistema radical en palma de aceite.
3. Metodologías de evaluación del sistema de raíces.
4. Factores asociados a la dinámica del sistema radical en palma de aceite.
5. Interacciones abióticas, bióticas y su manejo.
6. Posibilidades de mejora de la rizosfera.
7. Comentarios de cierre

Importancia del sistema de raíces en los cultivos

Raíz: Es el órgano de las plantas superiores, casi siempre subterráneo, que tiene como función el anclaje de la planta, la absorción y conducción de agua y nutrientes

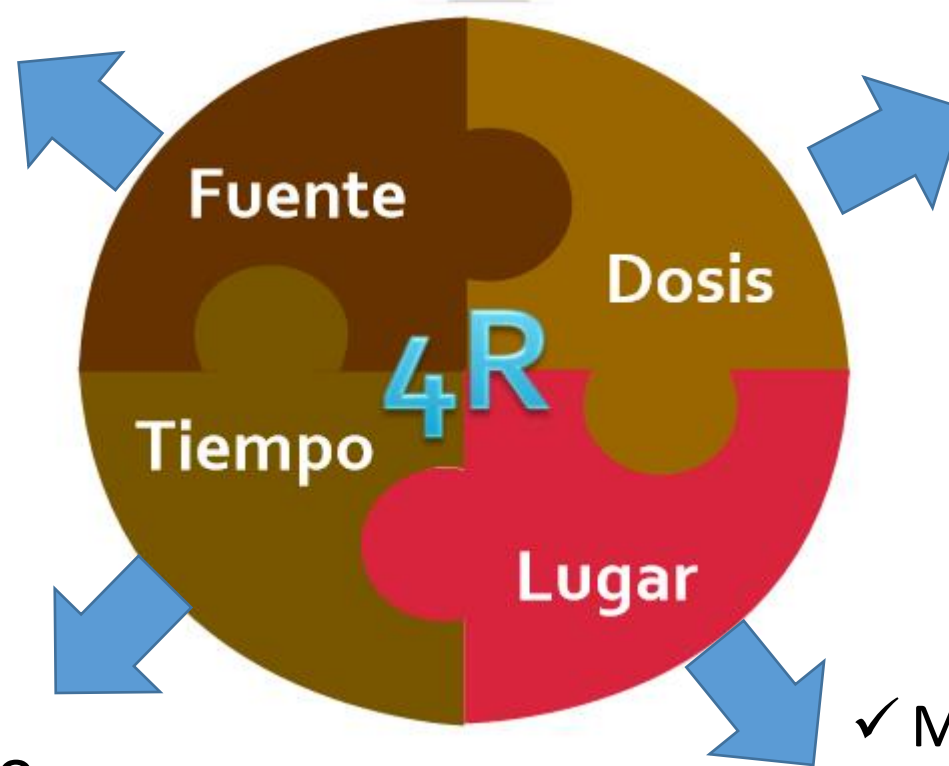


Suelo bien estructurado	Suelo mal estructurado
Poroso	Sellado o compactado
Aireado	Poca oxigenación
Permeable	Impermeable
Buena actividad de organismos	Acción de organismos limitada
Movimiento y almacenamiento de agua	Movimiento de agua limitado
Agregados estables	Inestabilidad estructural

“Las raíces son el cerebro de las plantas”

Importancia de la raíz en el uso eficiente de nutrientes

- ✓ Manejo de enmiendas.
- ✓ Fuentes de liberación controlada.
- ✓ Reciclaje de nutrientes de los residuos.



- ✓ Requerimientos nutricionales.
- ✓ Manejo por sitio específico.

- ✓ Momento oportuno para la aplicación de fertilizantes.

Fuente: Oberthur, 2019

- ✓ Mecanización de la fertilización.
- ✓ Sitios óptimos de colocación de fertilizantes
- ✓ **Sistemas de raíces**

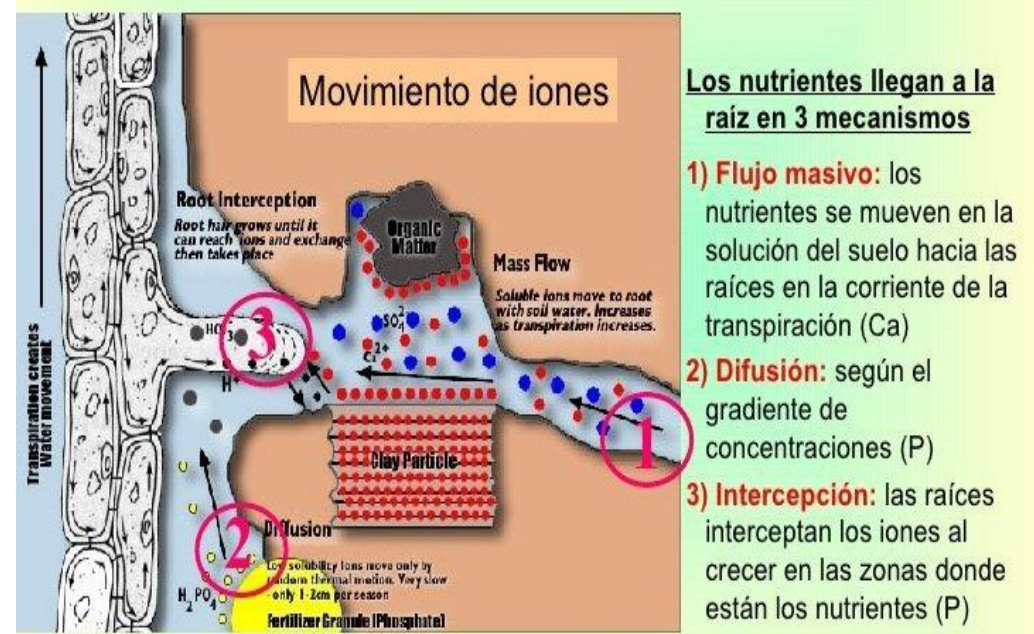
Importancia de la raíz en el uso eficiente de nutrientes

Estado de los nutrientes en el suelo y su concentración

Condiciones de humedad

Capacidad de retención de nutrientes del suelo

Arquitectura y distribución del sistema radical



Nutriente	% de absorción		
	Intercepción radical	Flujo de masas	Difusión
N	1	99	0
P	2	5	93
K	2	20	78
Ca	28	72	0
Mg	13	87	0
Fe	53	10	37
B	3	65	32

Contenido

1. Introducción
2. Arquitectura y morfología del sistema radical en palma de aceite.
3. Metodologías de evaluación del sistema de raíces.
4. Factores asociados a la dinámica del sistema radical en palma de aceite.
5. Interacciones abióticas, bióticas y su manejo.
6. Posibilidades de mejora de la rizosfera.
7. Comentarios de cierre

Morfología y arquitectura del sistema radical



Plúmula

Raíces adventicias :
Long. raíces largas: 10 cm
Long. raíces cortas: 1,5 cm.
Angulo de inserción de 90°

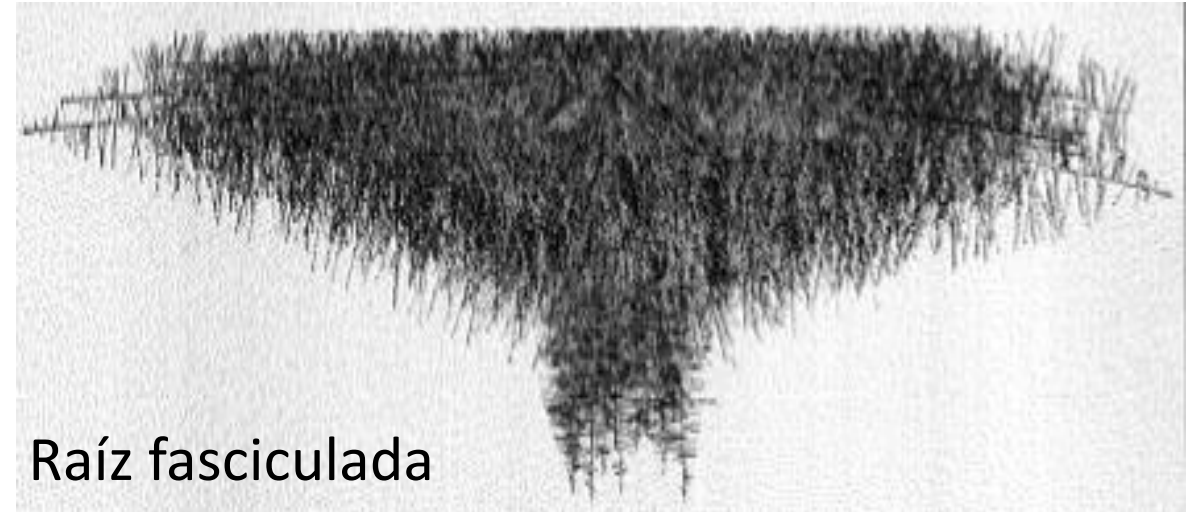
Radícula:
Longitud máxima 50 cm.
Diámetro: 1,5 mm.

Fuente: Forero, et, al. 2012

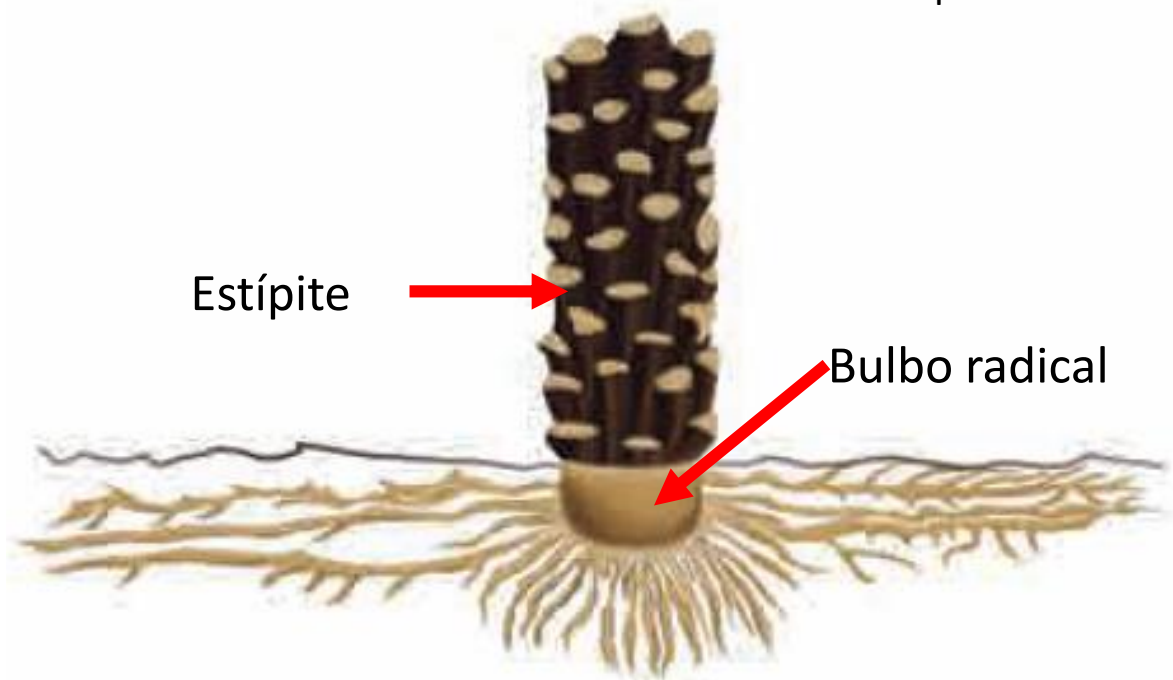
Morfología y arquitectura del sistema radical



Interface estípite-raíz

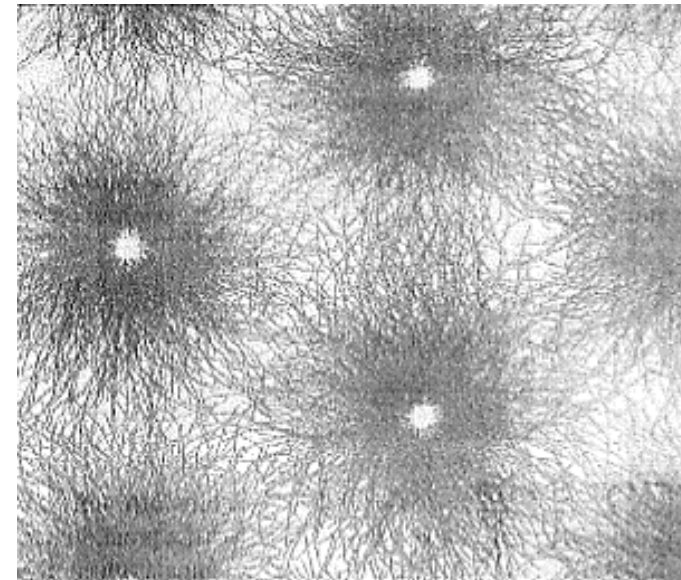


Raíz fasciculada



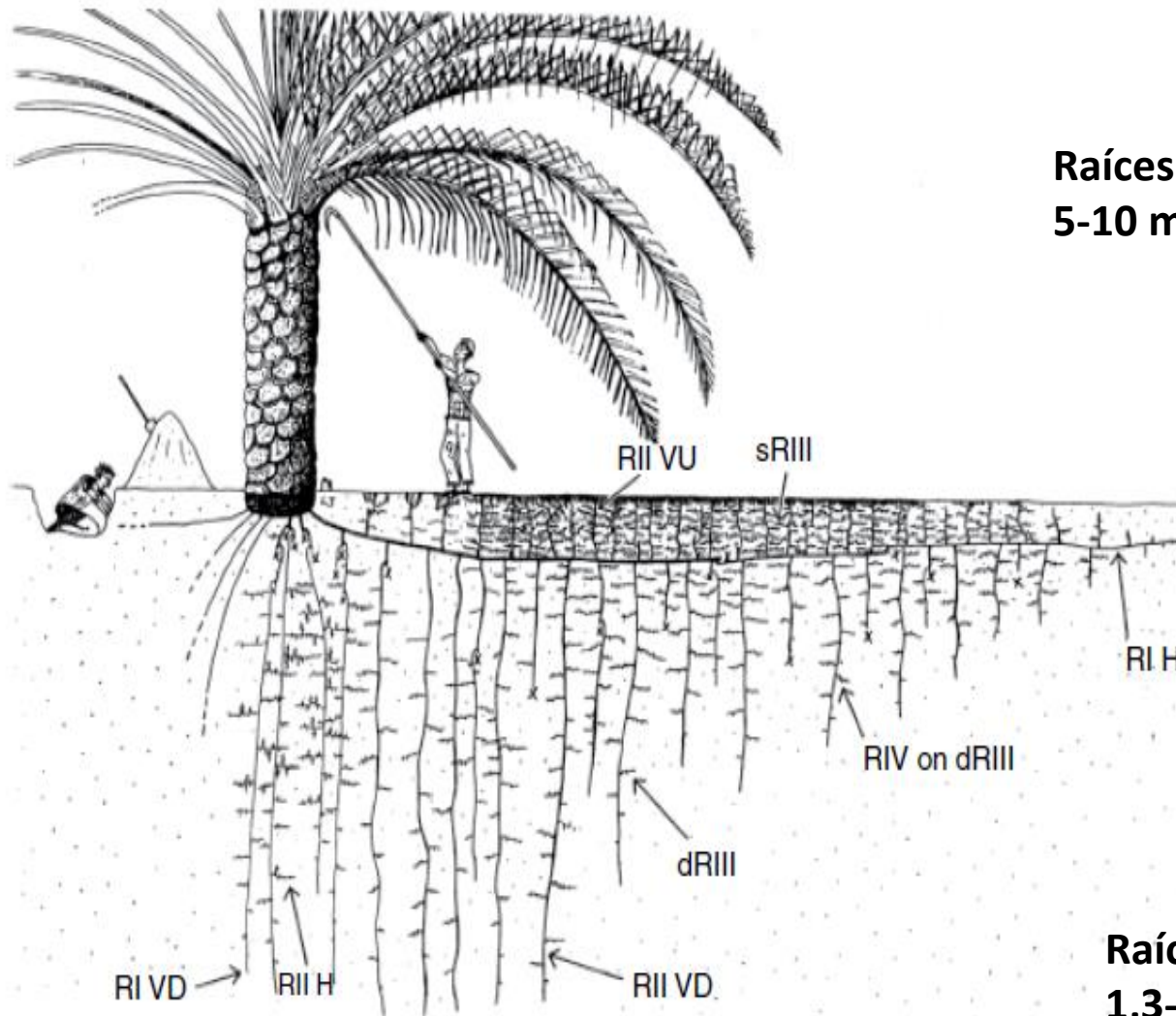
Estípite

Bulbo radical



Fuente: Jourdan y Reyes, 1997; Forero et, al. 2012

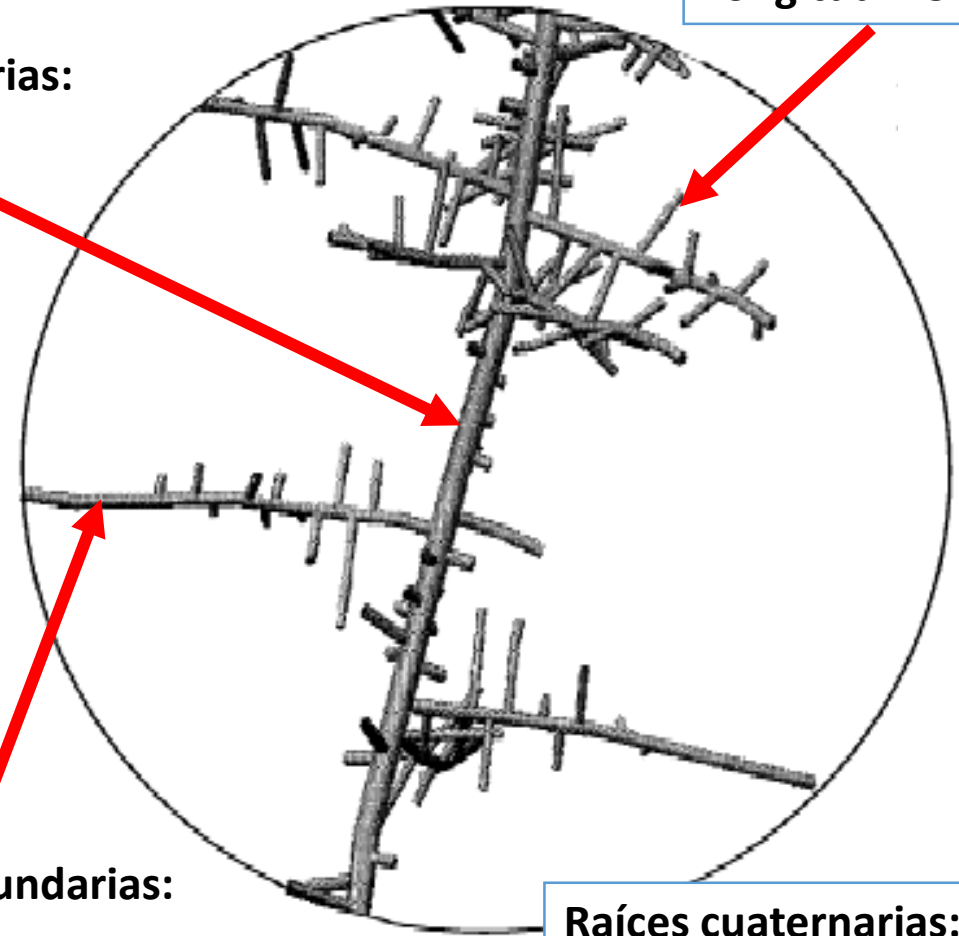
Morfología y arquitectura del sistema radical



Raíces primarias:
5-10 mm.

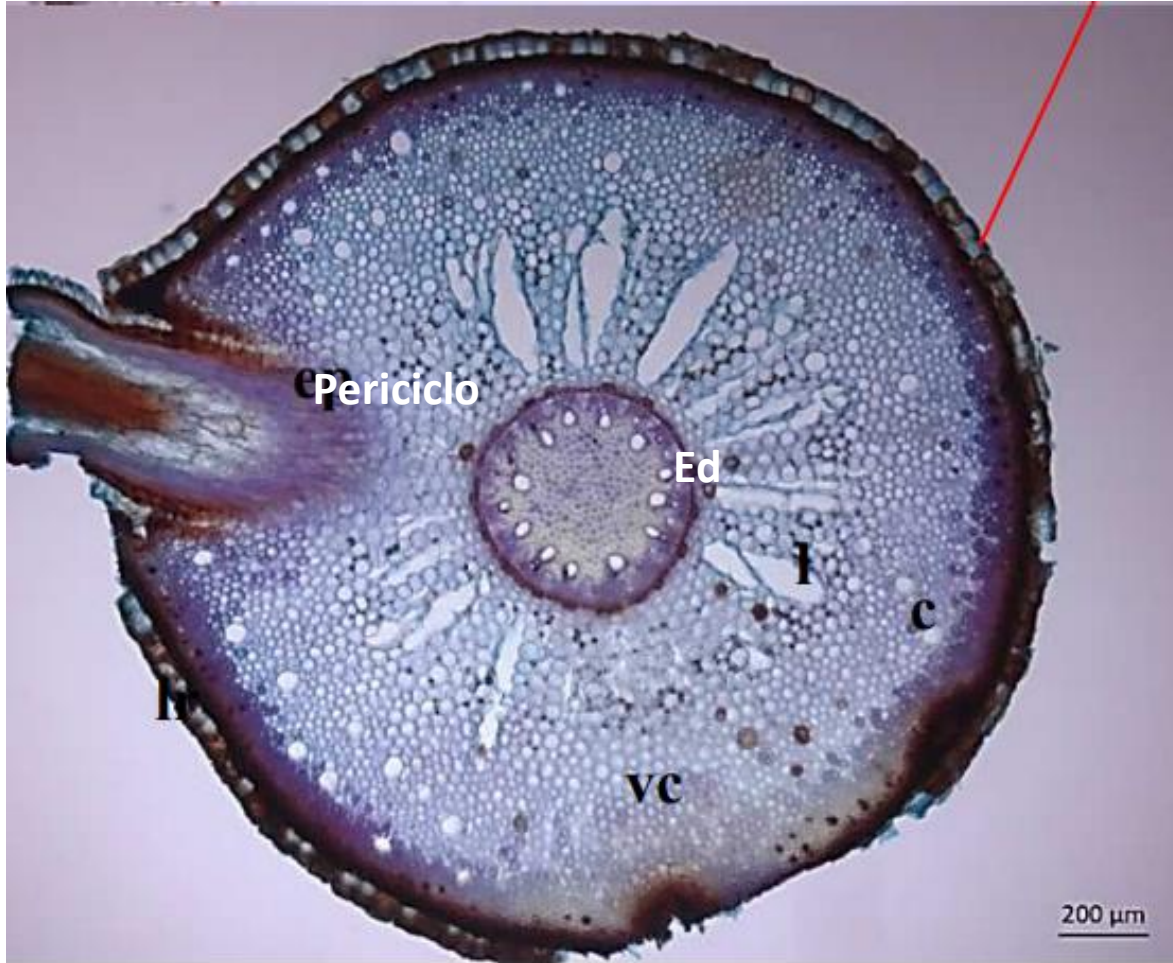
Raíces secundarias:
1,3-5 mm.

Raíces terciarias:
Diámetro: 1,3 mm
Longitud: 15 cm.



Raíces cuaternarias:
Diámetro: 0,2-0,5 mm
Longitud: 1 a 4 mm.

Anatomía de la raíz

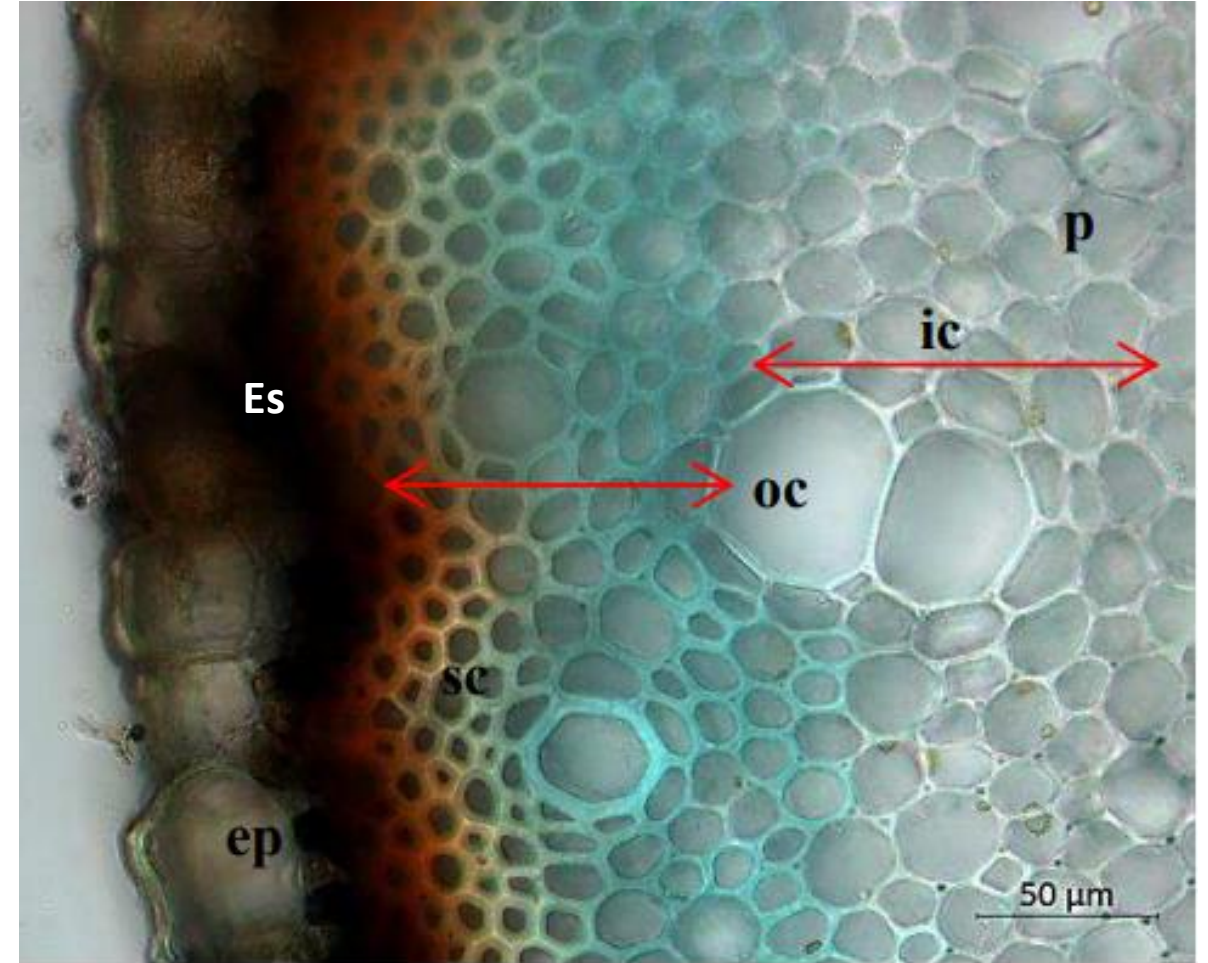


C: córtex o corteza

Ep: epidermis o rizodermis

ES: esclerénquima o hipodermis

Vc. Haces vasculares



l: Aerénquima o espacios aéreos

oc: corteza externa parénquima cortical

lc: Corteza interna

Es: Esclerénquima o hipodermis

Ed: Endodermis

Fuente: Gorea, 2016

Contenido

1. Introducción
2. Arquitectura y morfología del sistema radical en palma de aceite.
3. Metodologías de evaluación del sistema de raíces.
4. Factores asociados a la dinámica del sistema radical en palma de aceite.
5. Interacciones abióticas, bióticas y su manejo.
6. Posibilidades de mejora de la rizosfera.
7. Comentarios de cierre

Estudios del sistema de raíces en palma de aceite

1. Estudiar la arquitectura y morfología de las raíces



2. Conocimiento de la distribución del sistema radical y su relación con el suelo



3. Valorar la relación entre raíces y sanidad del cultivo



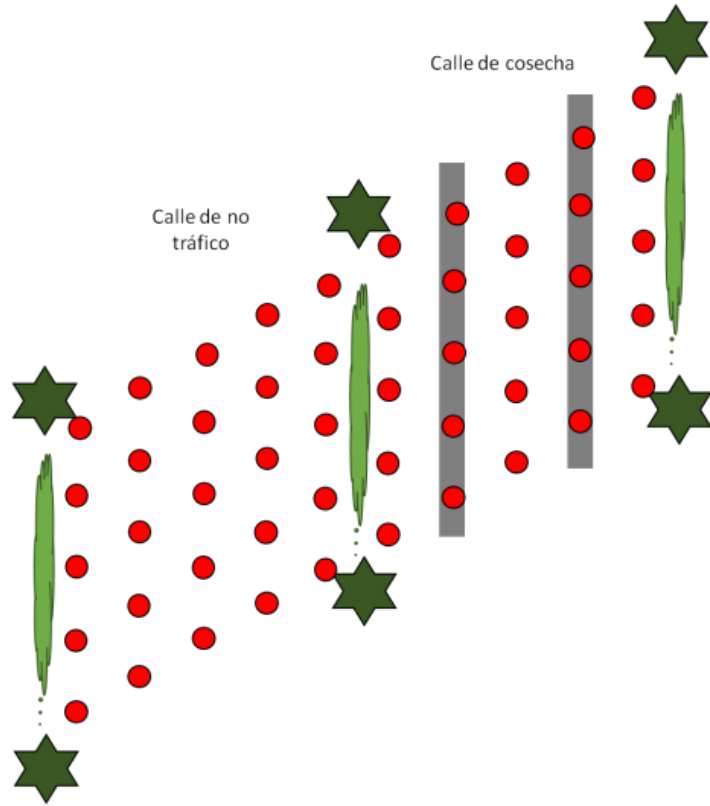
4. Experiencias exitosas de manejo agronómico



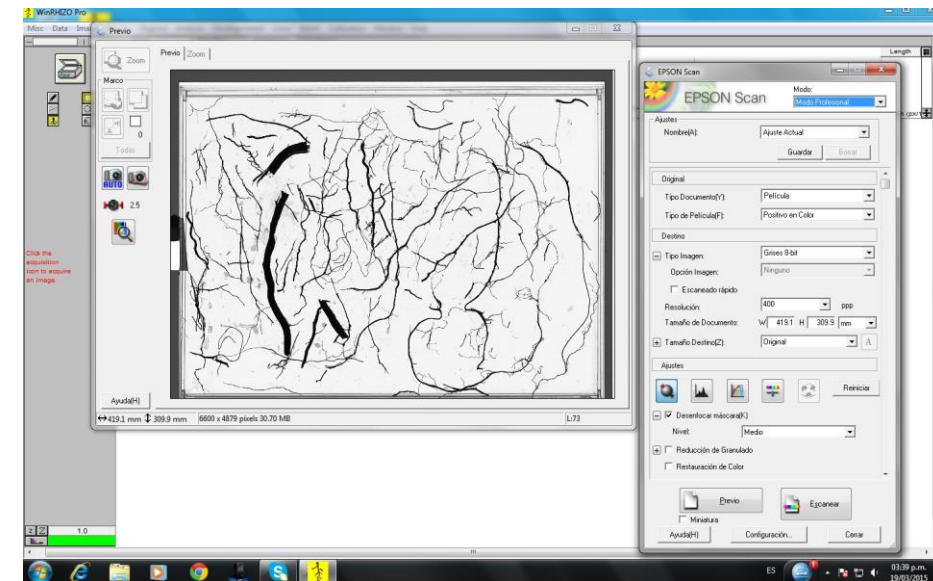
Estudios del sistema de raíces en palma de aceite

Sitio	Metodo	Tipo de información	Destructivo?	Ventajas	Desventajas
Campo	Fotografías y dibujos	Análisis cuantitativo, Morfología 2D	No	Copia exacta del sistema radical	Tedioso (Dibujos), Distorsionado (fotografías)
					Superposicion de raices
					Inferencia cuantitativa
	Trinchera	Distribución espacial de raices en 2D	Si /No	Facil recoleccion de datos	Metodo estatico
				Repeticion de medidas en raices especificas	Limitado a un area en 2D
					Destruccion de raices por lavado del perfil
	Muestreo en nucleos con barreno	Longitud, peso, diametro, patron de distribución	No	Facil ejecucion en campo	Requiere gran numero de muestras
					Labor intensiva
					Profundidad de muestreo limitada
					Tiempo de procesamiento de muestras prolongado
	Rhizotron, minrhizotron	informacion dinamica 2D en morfologia de raices, crecimiento y renovación	No	Mediciones repetidas en raices erspecificas	Costoso
Labor intensiva en construccion y analisis de datos					
Crecimiento de raices distorsionado a lo largo de la ventana de observación					
Contenedores	Contenedores transparentes / sustratos	Densidad de raices, apariencia, Ramificación y patron de distribución	No	visibilidad completa del sistema de raices	Ambiente diferente al natural que no permite inferir sobre los efectos del suelo
				Vision 3D y arquitectura natural	
	Lavado de raices	Peso seco de raices, Relacion raiz:brote, diametro y patron de distribución	Si	Sistema de raices completamente visible	Alta perdida de raices finas
					Perdida de posicion natural de las raices
					Tedioso con alto consumo de tiempo
	Conteo de raices	Densidad radical, apariencia, ramificacion y patron de distribución	No	Facil y rapido	Medidas subjetivas y cualitativas
Incremento del error humano					
Digitalizacion de imágenes	Winrhizo, RootReader	Densidad de raices, angulos, apariencia, ramificacion y patron de distribución, longitud de raicesy area superficial	Si/No	Facil y rapido	Solo puede trabajar con raices lavadas
				Menos subjetivo	Superposicion de raices
				Gran rango de mediciones	

Estudios del sistema de raíces en palma de aceite - Núcleos de suelo

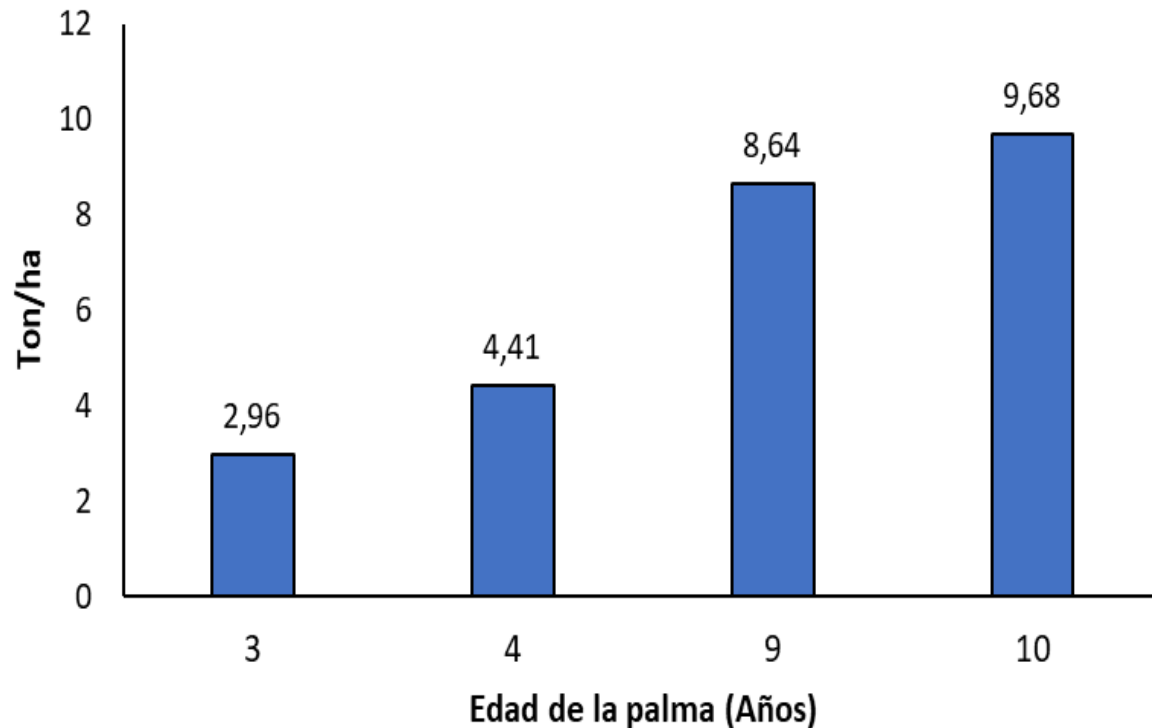


- ✓ Muestras tomadas a distancias variables.
- ✓ La profundidad depende del tipo de suelo y los fines del estudio.



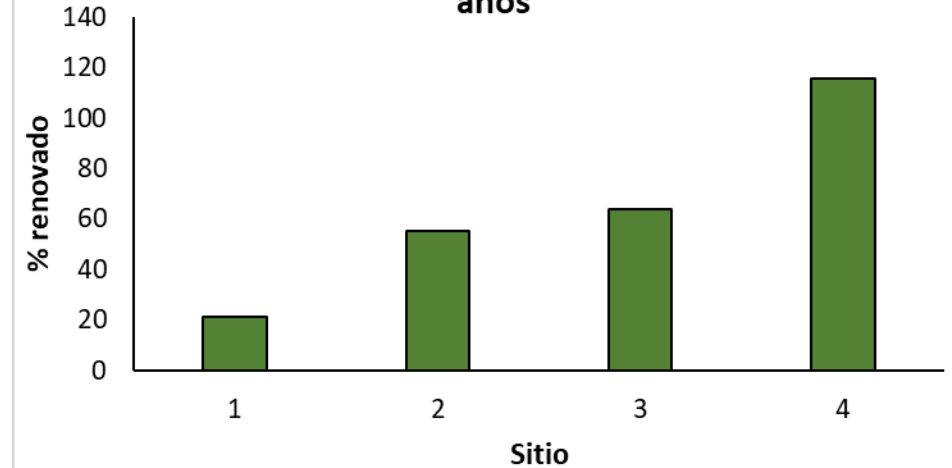
Estudios del sistema de raíces en palma de aceite - Núcleos de suelo

Biomasa radical en palma de aceite *E. guineensis*

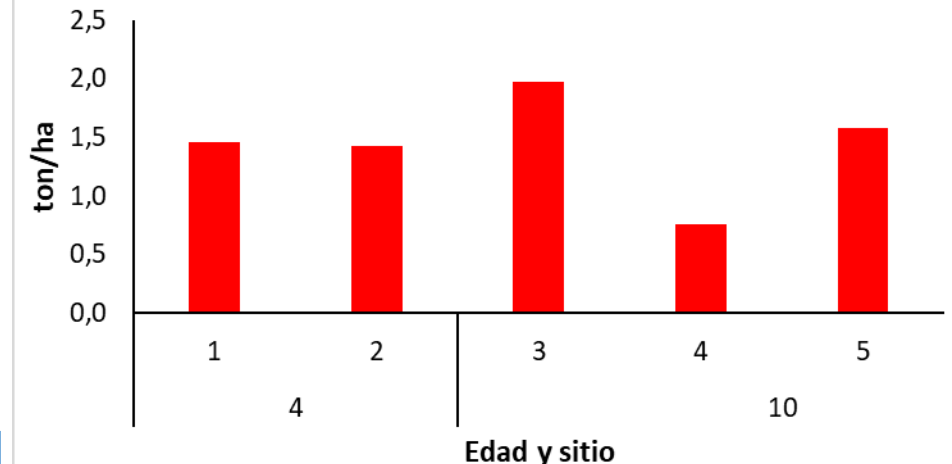


La regeneración de la raíz es constante debido a la lignificación rápida de los tejidos y la ausencia de pelos absorbentes

Renovación del sistema radical en palma de 10 años



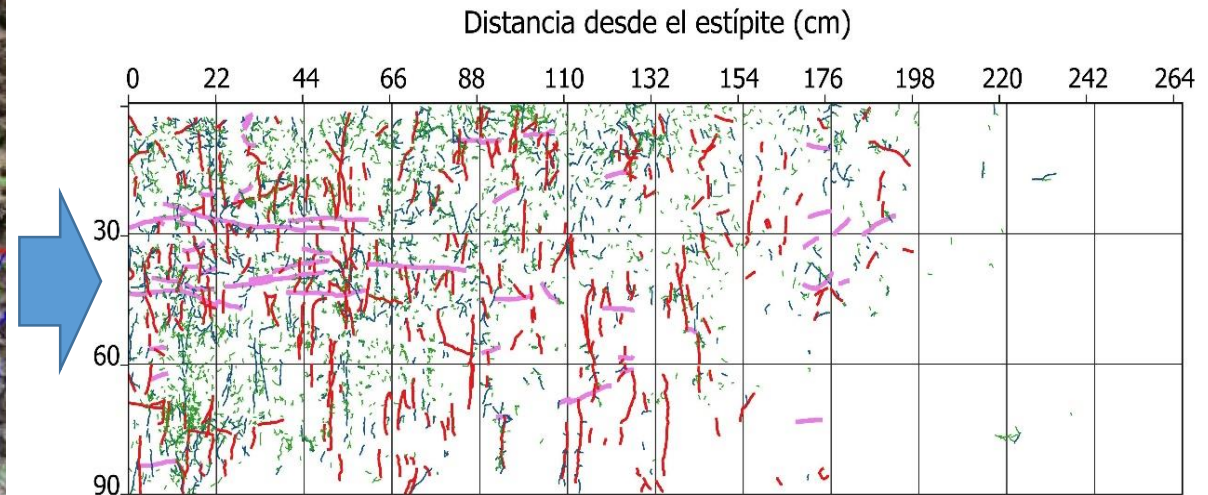
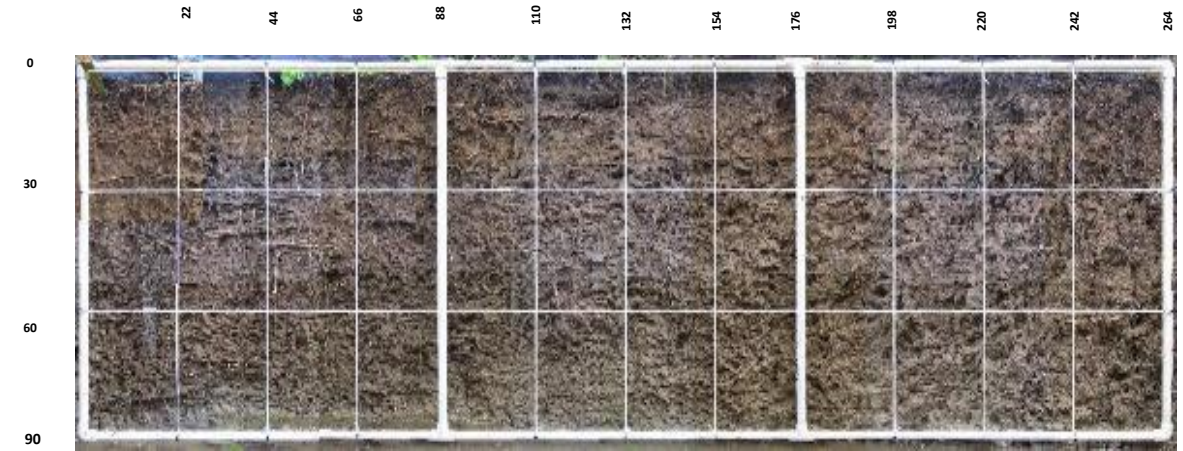
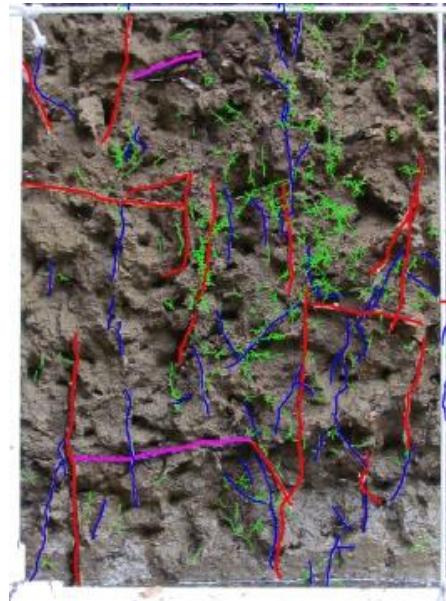
Incremento en biomasa radical por año



Fuente: Henson, 1997

Estudios del sistema de raíces en palma de aceite

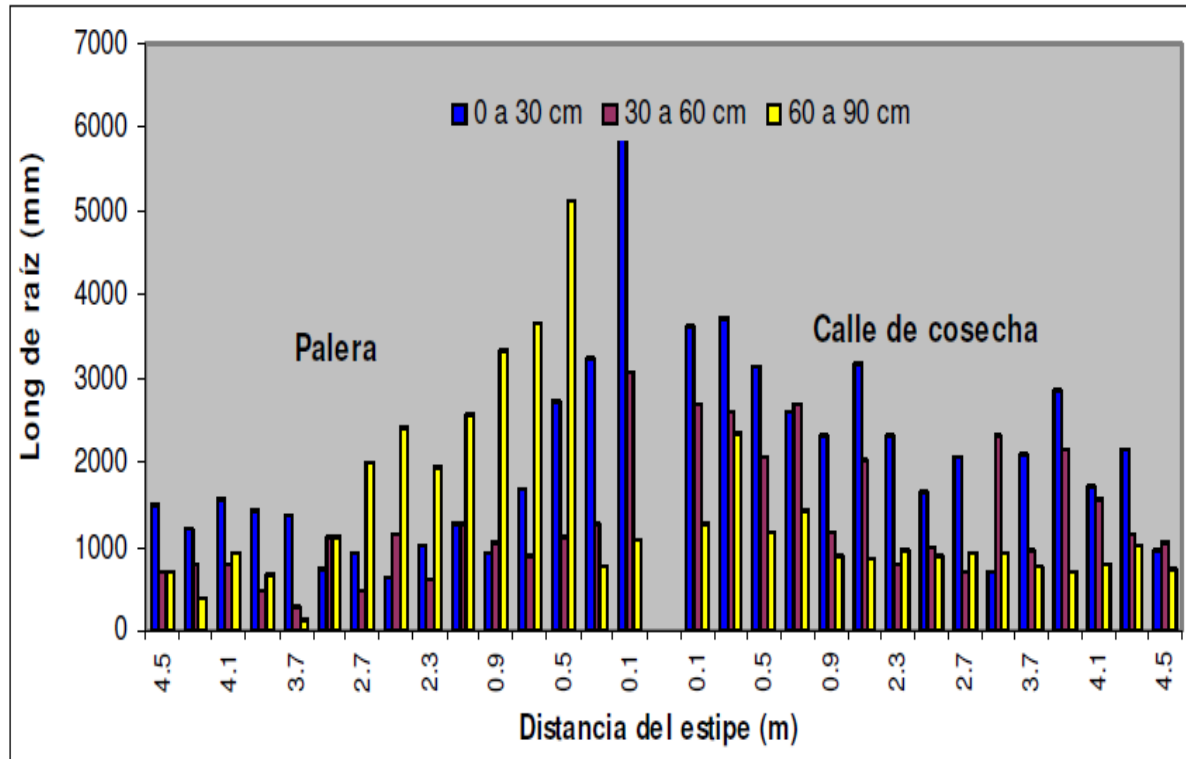
Método de perfiles lavados



Estudios del sistema de raíces en palma de aceite

Método de perfiles lavados

Distribución del sistema radical – *E. guineensis* de 16 años

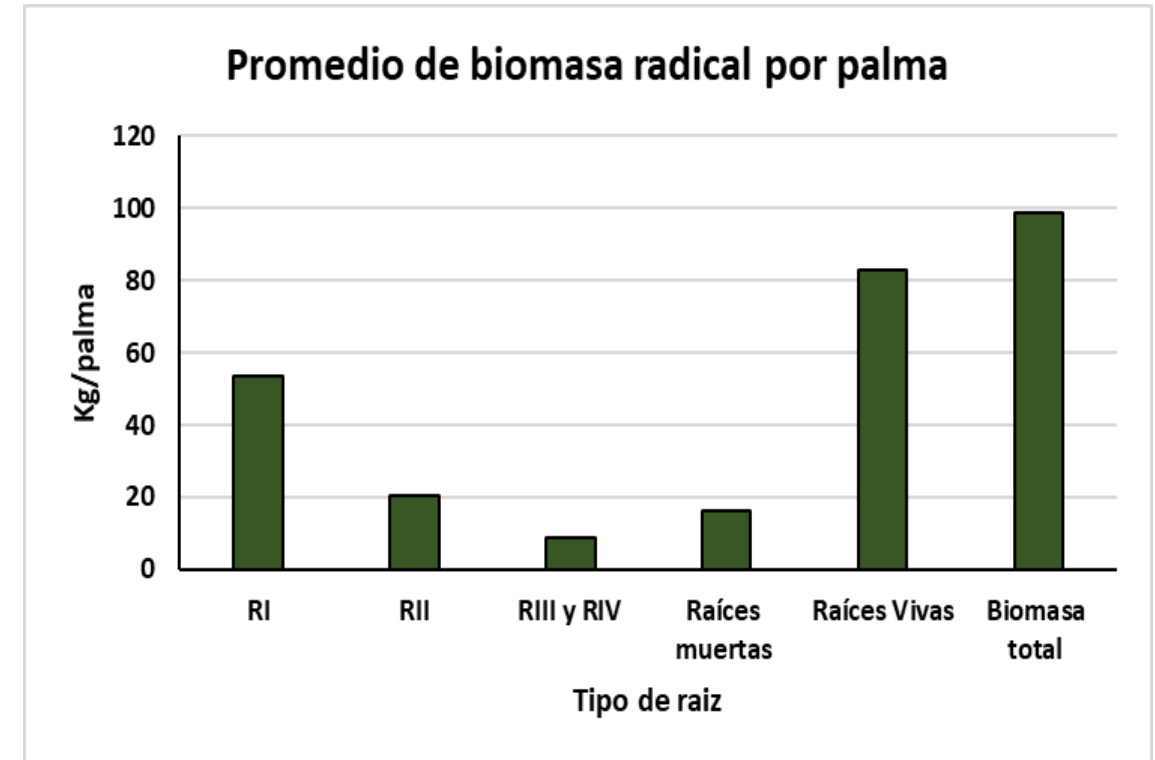


Densidad radical: $0,1 - 0,5 \text{ cm} \cdot \text{cm}^{-3} = 100 - 500 \text{ cm} \cdot \text{dm}^{-3}$

Una palma adulta puede tener entre 15 y 80 km de longitud de raíz!!

Fuente: Cristancho, 2001

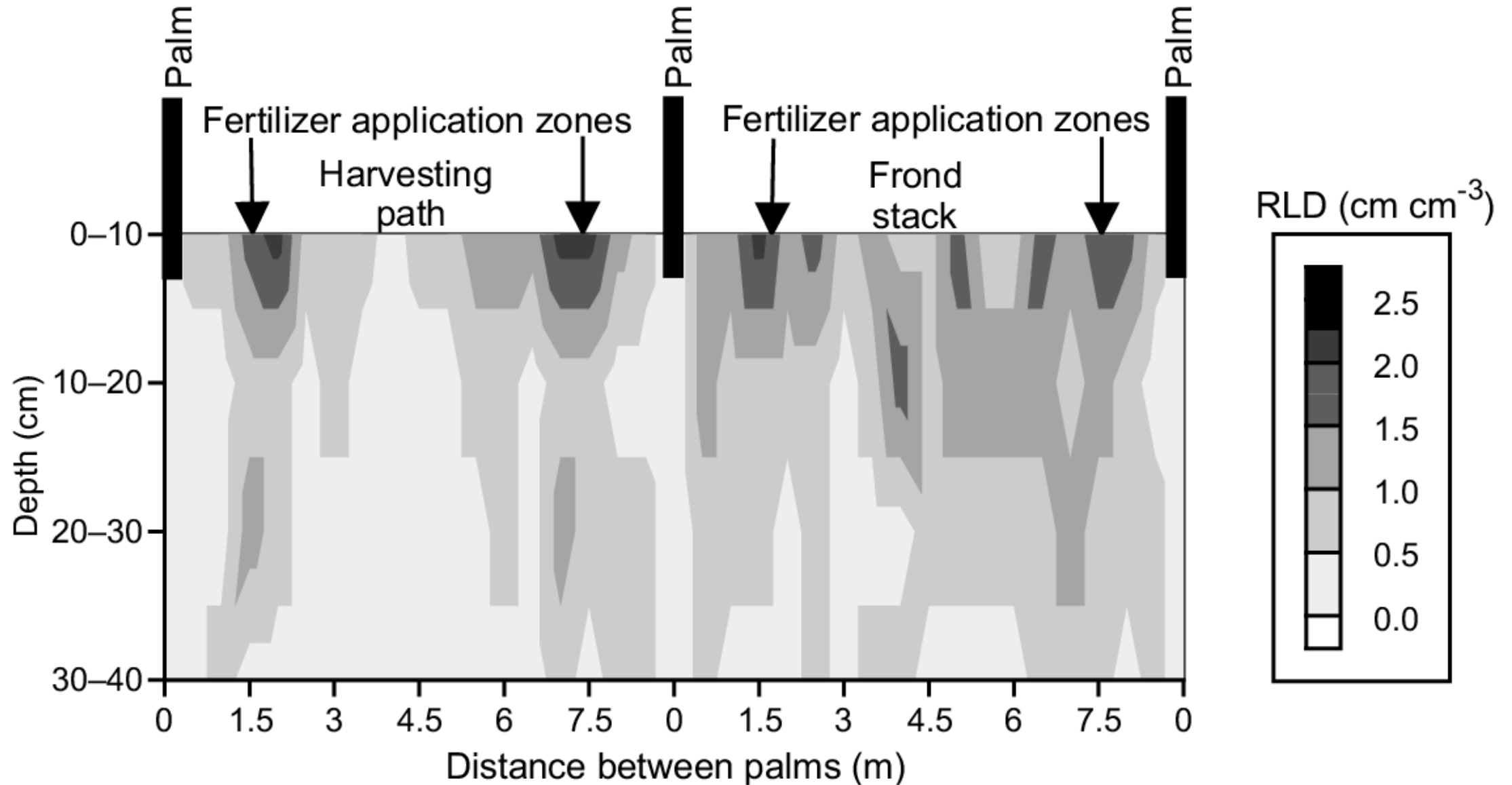
Biomasa del sistema radical – *E. guineensis* de 12 años



Biomasa radical: $60-120 \text{ kg} \cdot \text{palma}^{-1}$

Fuente: Filliers, 2018

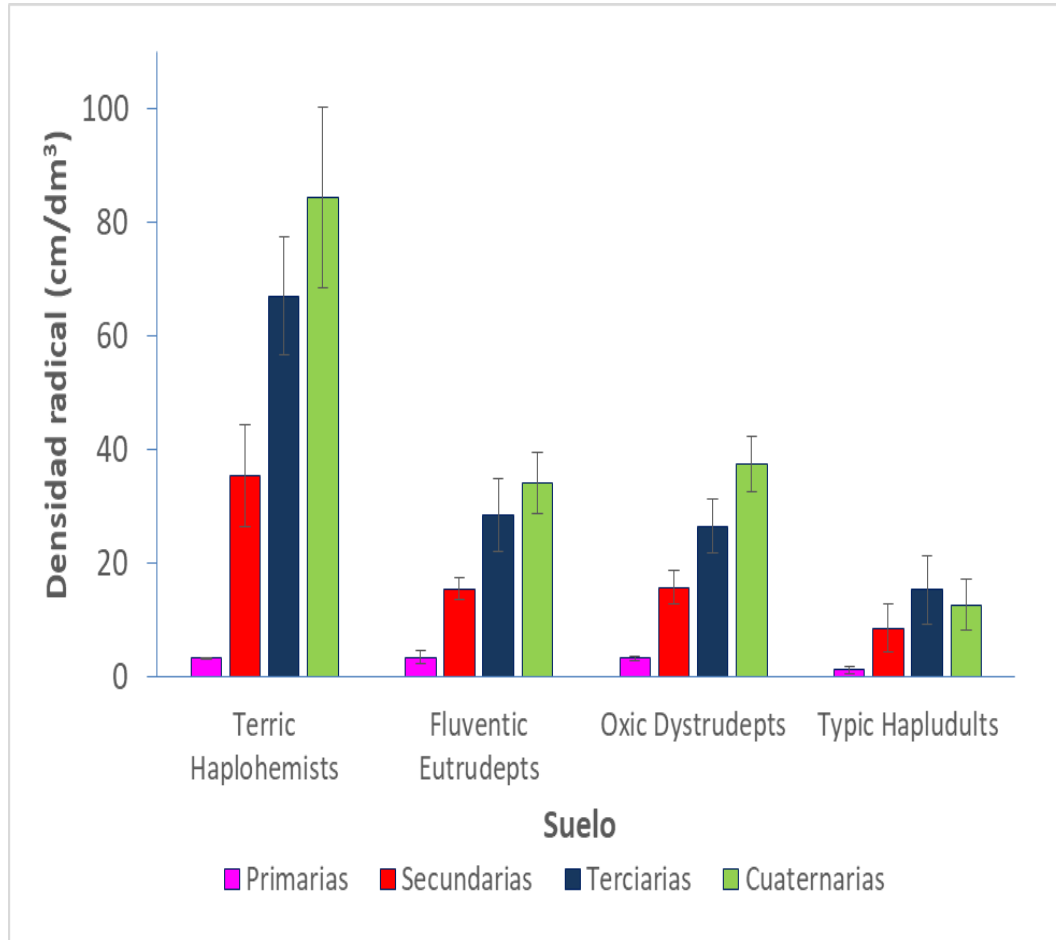
Estudios del sistema de raíces en palma de aceite



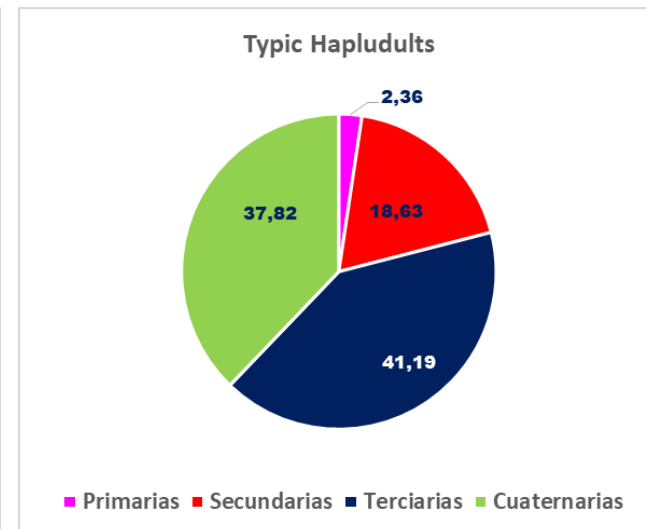
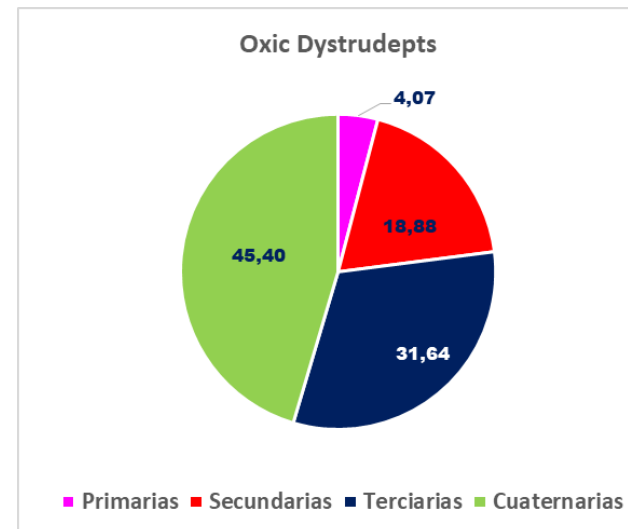
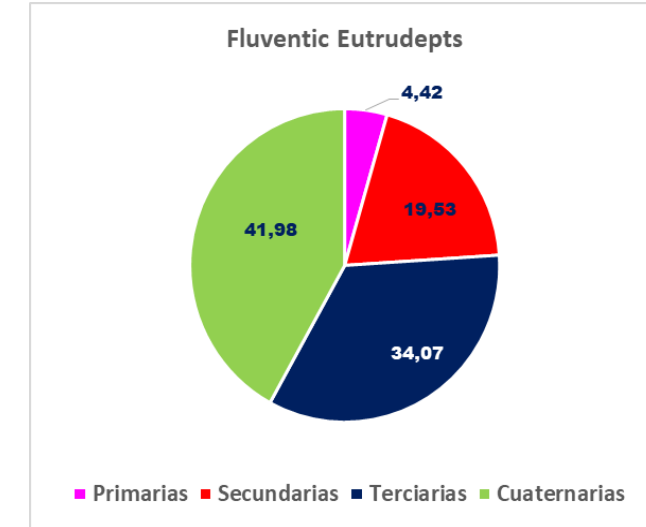
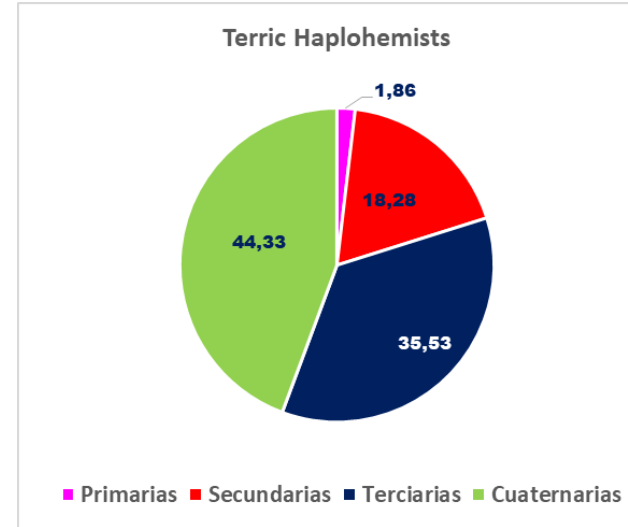
Fuente: Goh, Hardter y Fairhust, 2012

Sistema radical en híbridos OxG de 6 años – zona Suroccidental

DENSIDAD RADICAL POR TIPO DE SUELO



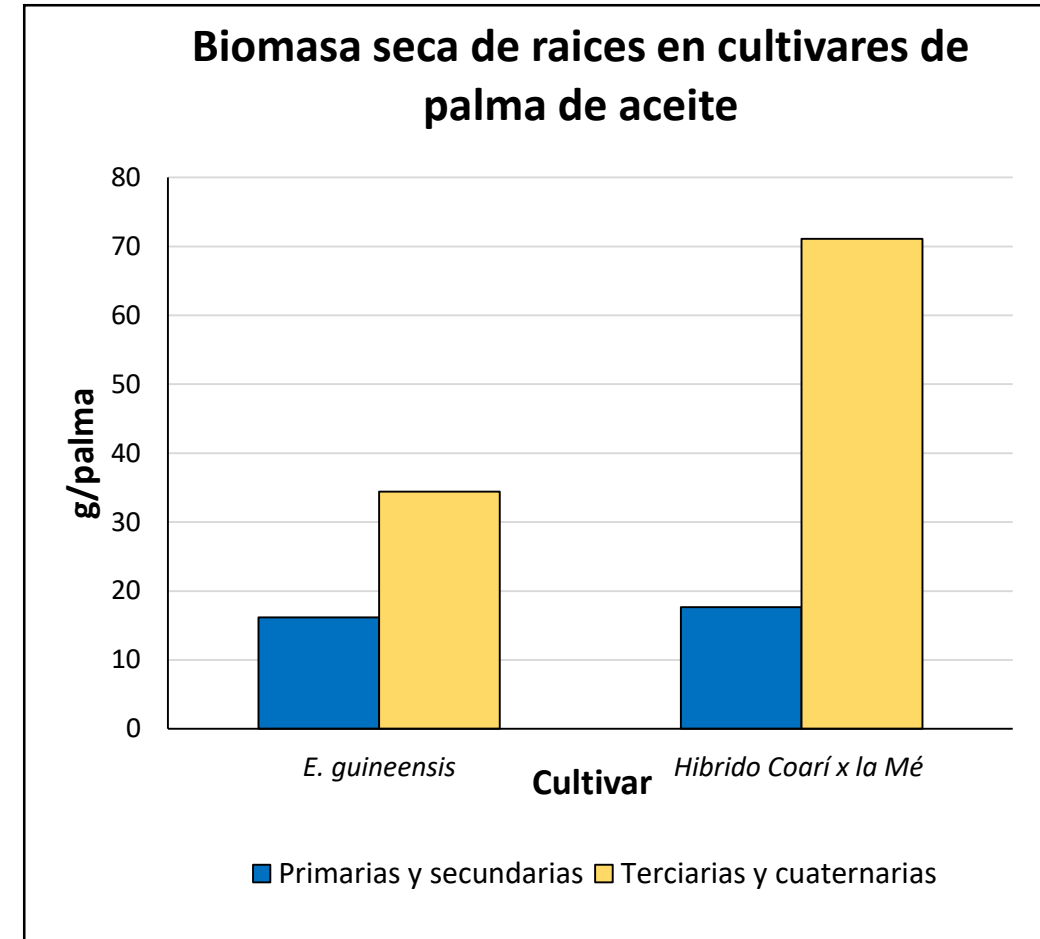
Distribución porcentual de las raíces en palma híbrida por tipo de suelo



Palma adulta *E. guineensis*: 27 a 30% raíces finas en palma adulta (Corley, y Tinker, 2016)

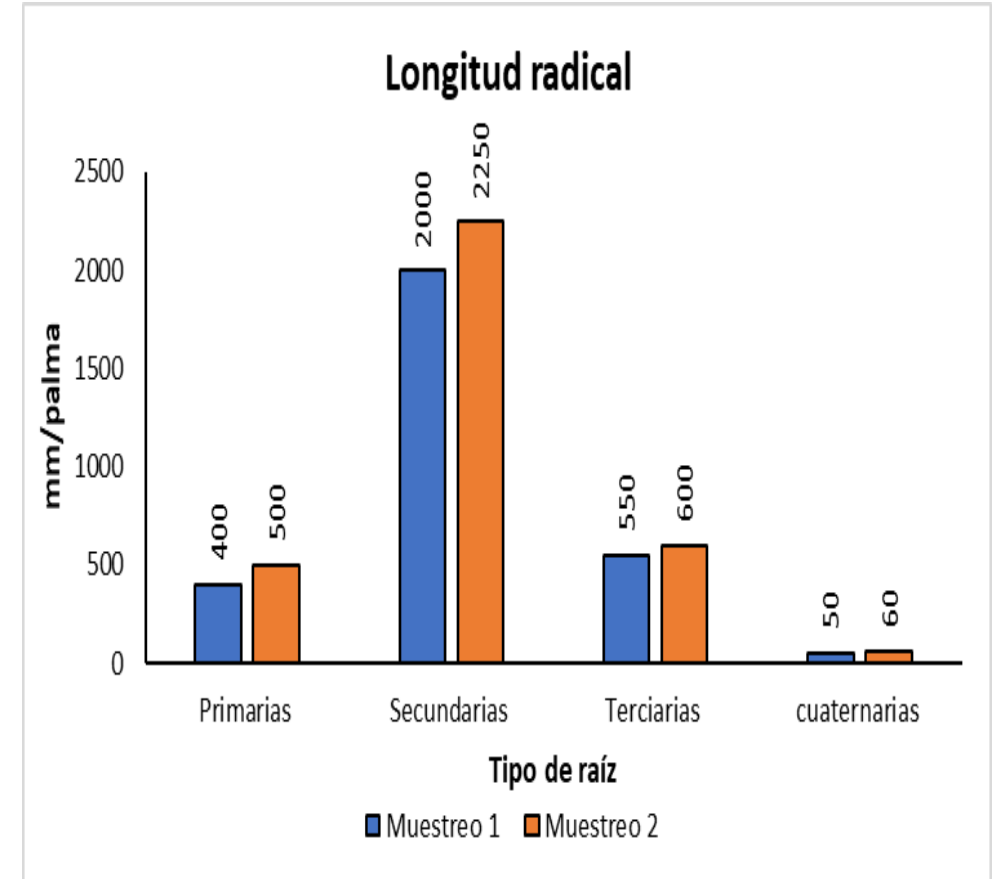
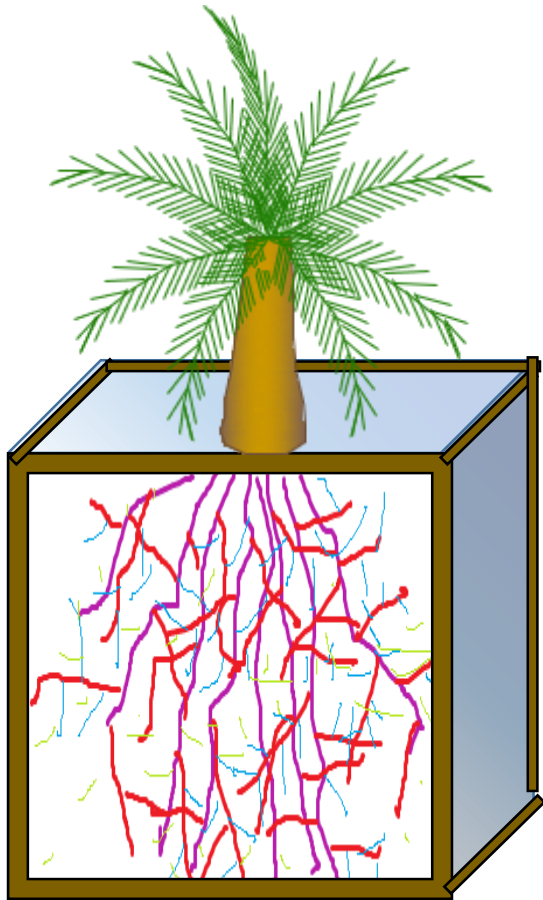
Híbrido Coarí x La Mé: > 70% de raíces finas (Cenipalma, 2020)

Sistema radical en etapa de vivero – Zona Central



- ✓ La palma híbrida produce 43% más de biomasa radical que el cultivar *E. guineensis* en vivero.
- ✓ Incremento del 43% en biomasa de raíces terciarias y cuaternarias en el híbrido.
- ✓ El 80% del sistema radical del híbrido corresponde a raíces terciarias y cuaternarias

Estudios del sistema de raíces en palma de aceite - Rizotrones

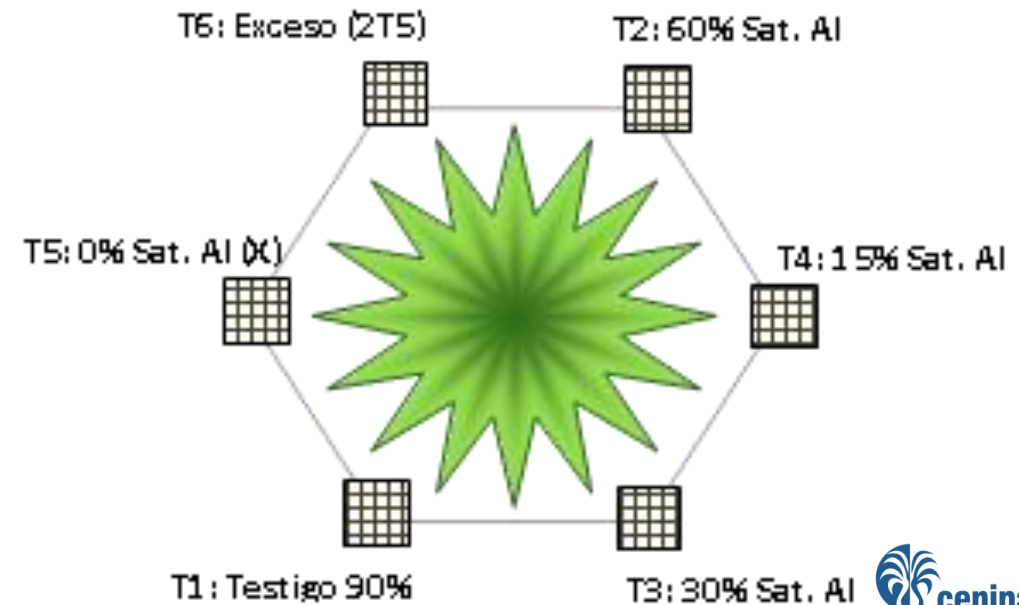


El crecimiento medio de la raíz es de 2 a 3 mm/día

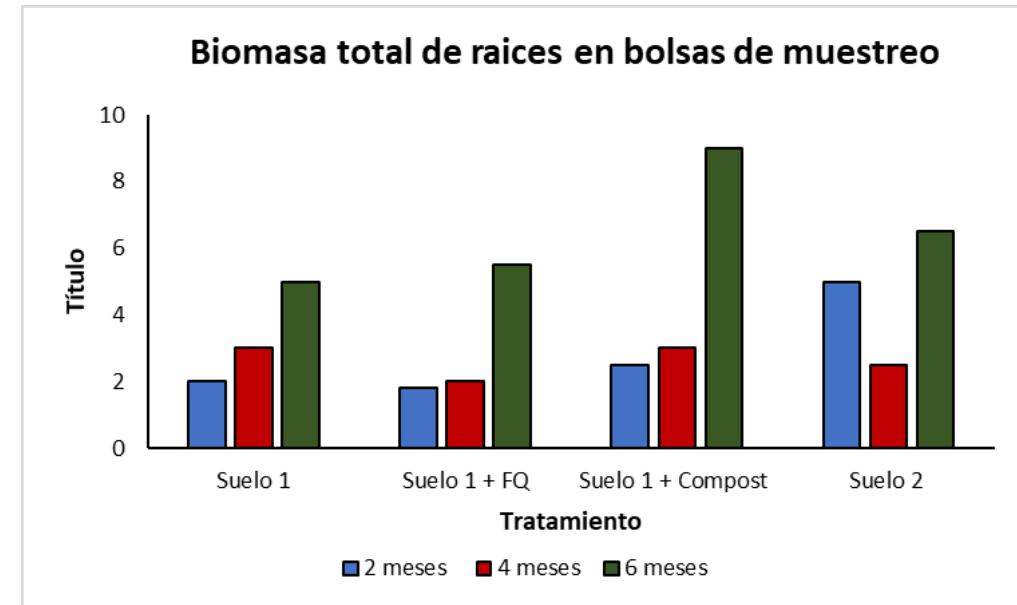
Fuente: Hormaza, 2007

Estudios del sistema de raíces en palma de aceite

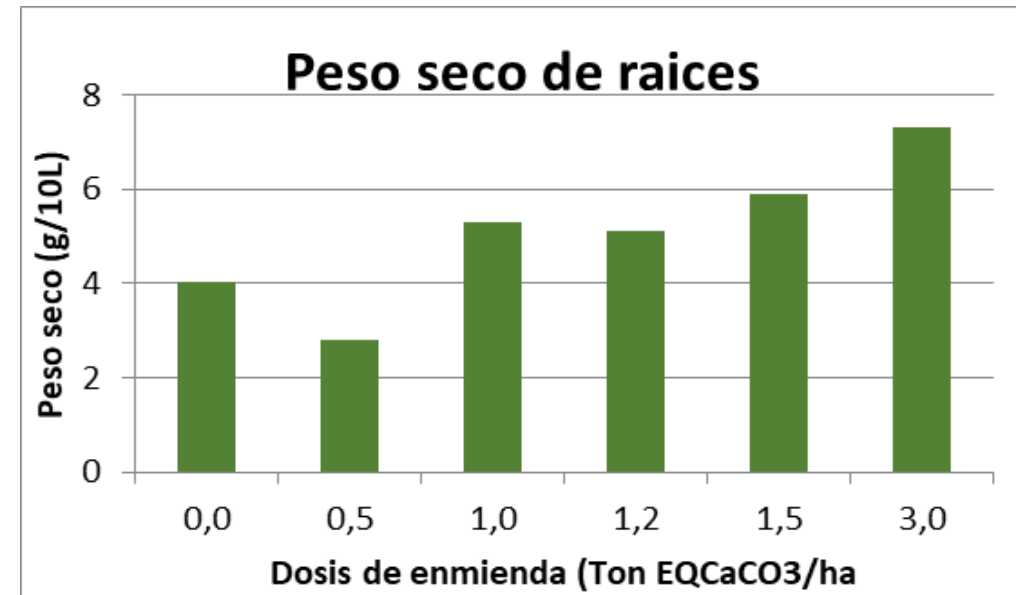
Bolsas de muestreo



Estudios del sistema de raíces en palma de aceite - Bolsas de muestreo



Fuente: Albertazzi, 2009



Estudios de raíces en palma de aceite – Conteo de raíces



“Se ha estimado como nivel crítico de daño fresco el **5% de raíces afectadas**” (Aldana, et al. 2000; Chavez et al, 2000; Casteblanco, 2001)

“Para tomar una decisión de control del daño causado por *S. valida* se debe tener en cuenta **el porcentaje de daño fresco y el número total de raíces** que presentan las palmas” (Saenz, 2006)

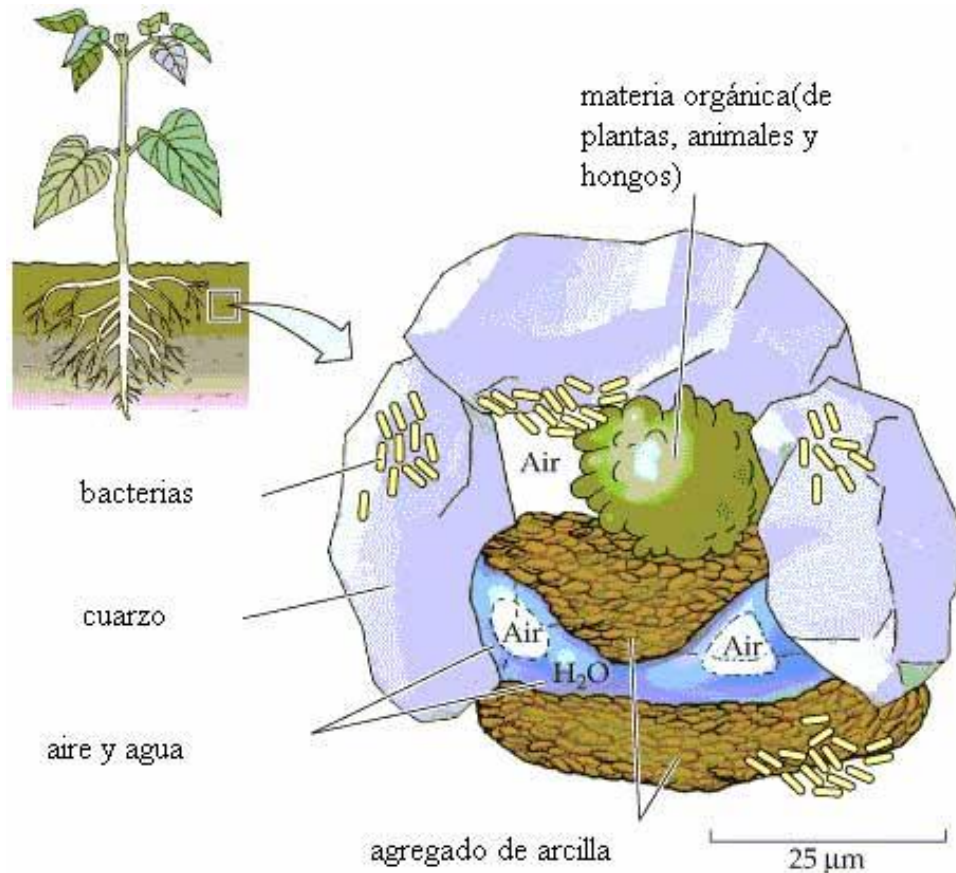
Contenido

1. Introducción
2. Arquitectura y morfología del sistema radical en palma de aceite.
3. Metodologías de evaluación del sistema de raíces.
- 4. Factores asociados a la dinámica del sistema radical en palma de aceite.**
5. Interacciones abióticas, bióticas y su manejo.
6. Posibilidades de mejora de la rizosfera.
7. Comentarios de cierre

Relación entre el suelo y el sistema radical

“Las raíces son el cerebro de las plantas”

C. Darwin



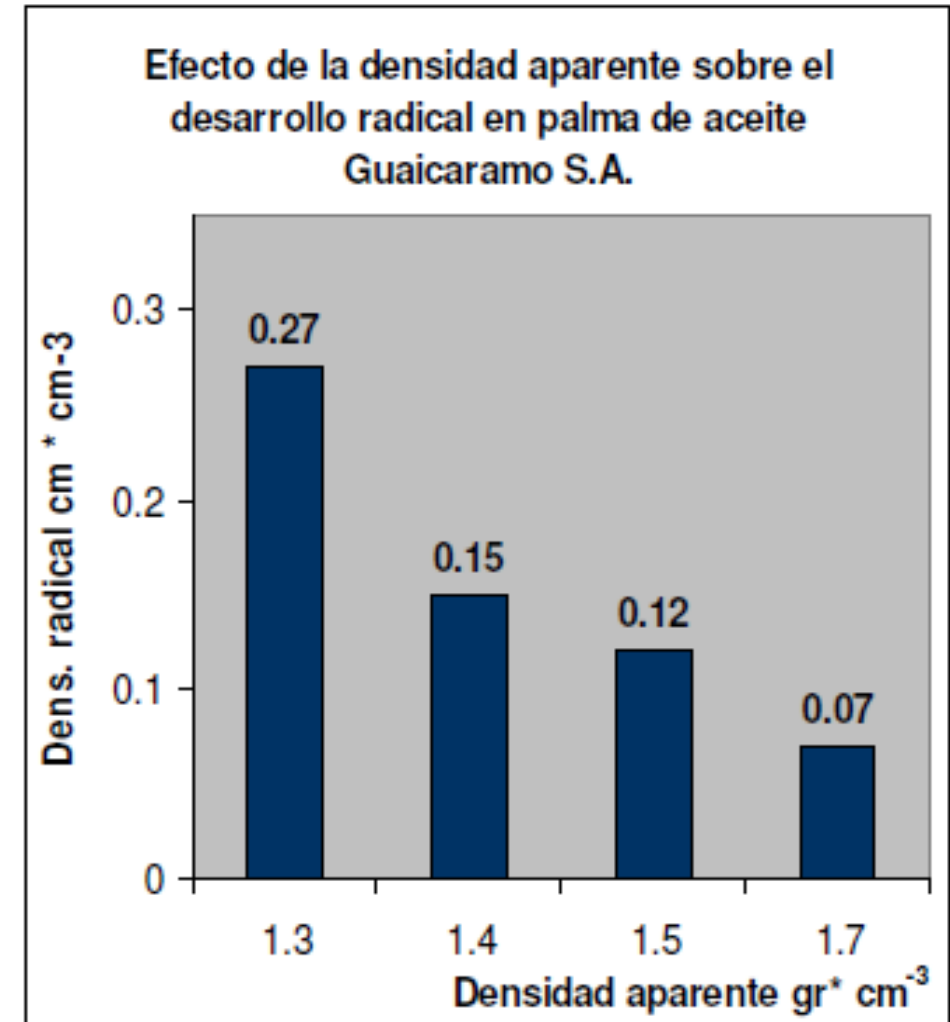
Factores que influyen en la dinámica de las raíces:

- ✓ Fertilidad física del suelo.
- ✓ Acidez.
- ✓ Dinámica de la materia orgánica.
- ✓ Disponibilidad de agua.

Relación del sistema radical con las propiedades físicas del suelo



Fuente: Cenipalma, 2020

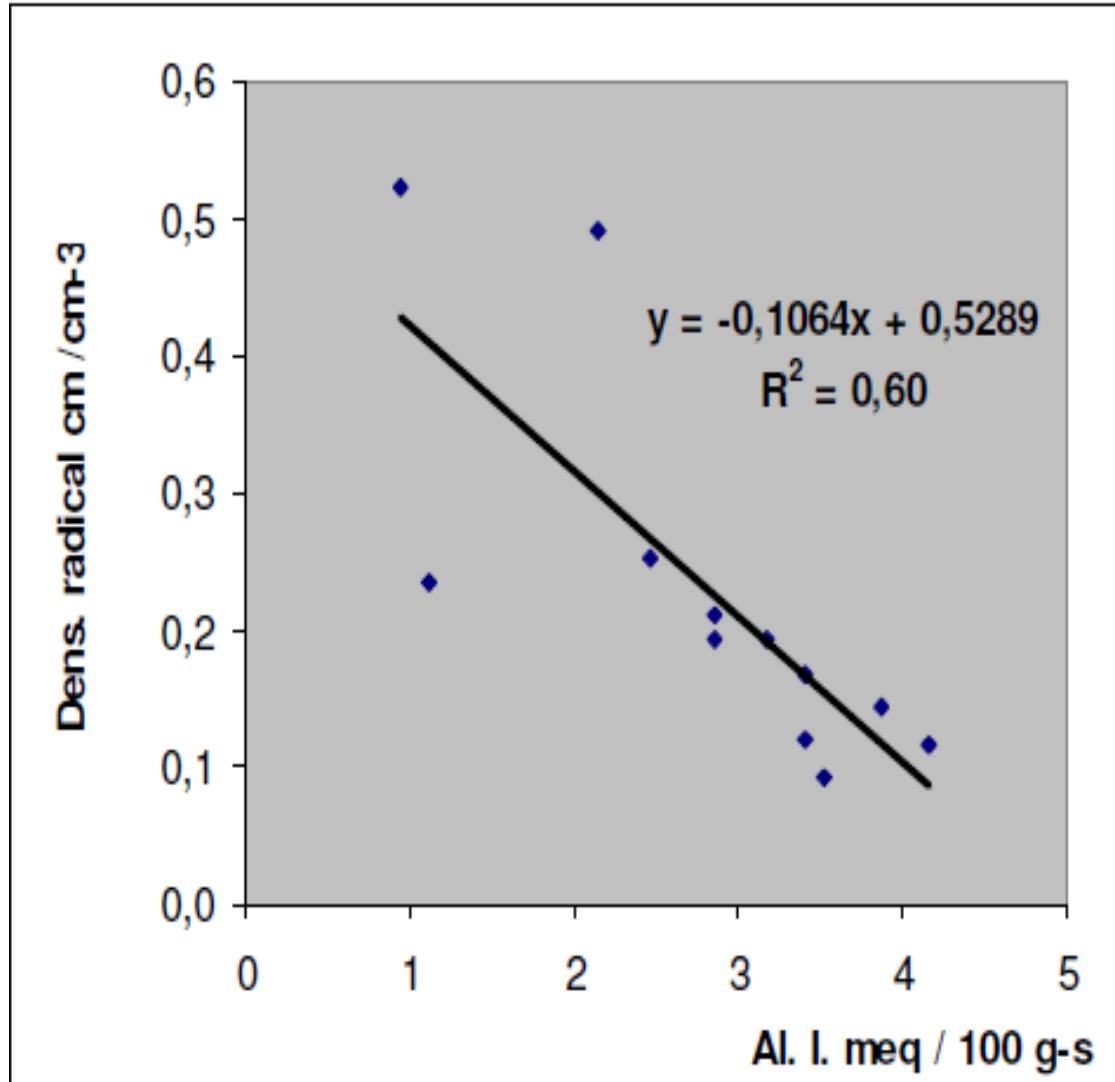


Fuente: Cristancho, 2001

Limitaciones físicas para la penetración de raíces de palma:

- ✓ Porosidad total <50%.
- ✓ $R_p > 2\text{MPa}$

Relación del sistema radical con la acidez del suelo



Fuente: Cristancho, 2001

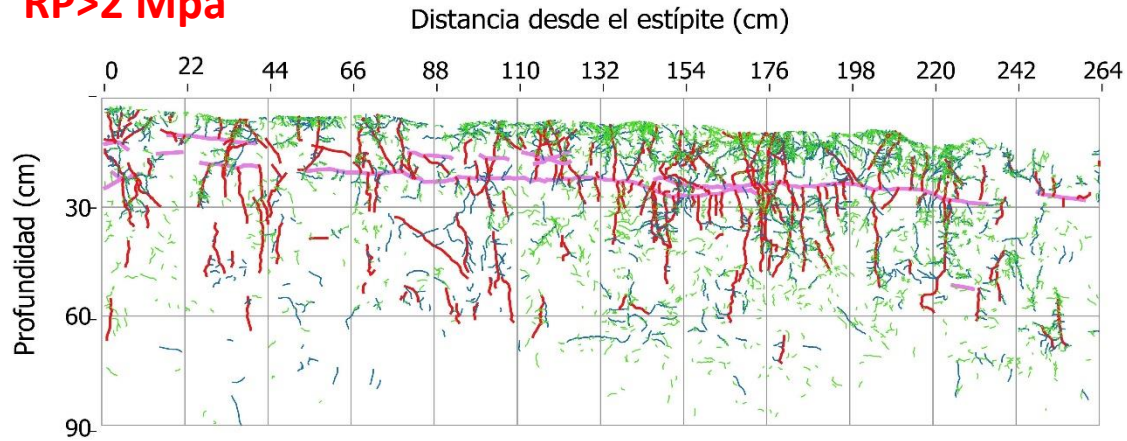


Fuente: Rivera, Moreno y Romero, 2014

Distribución de las raíces de híbrido OxG por tipo de suelos

MO<4%

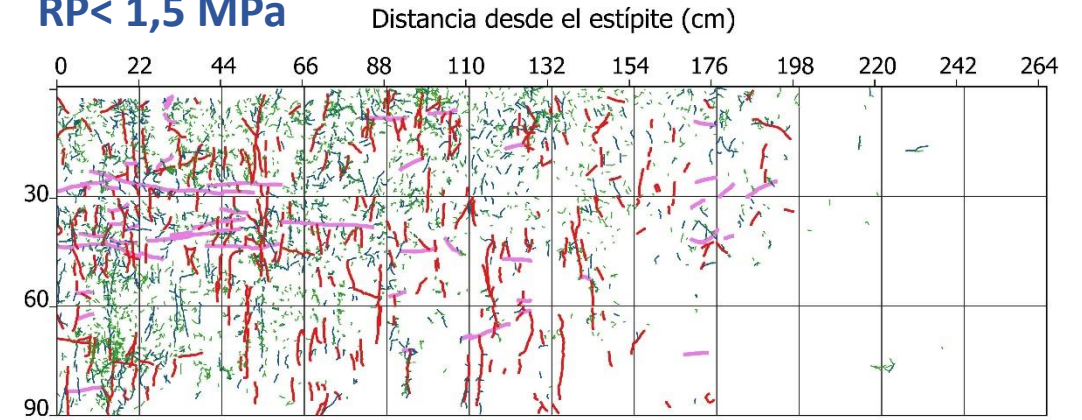
RP>2 Mpa



Oxic Dystrudepts

MO 7-9%

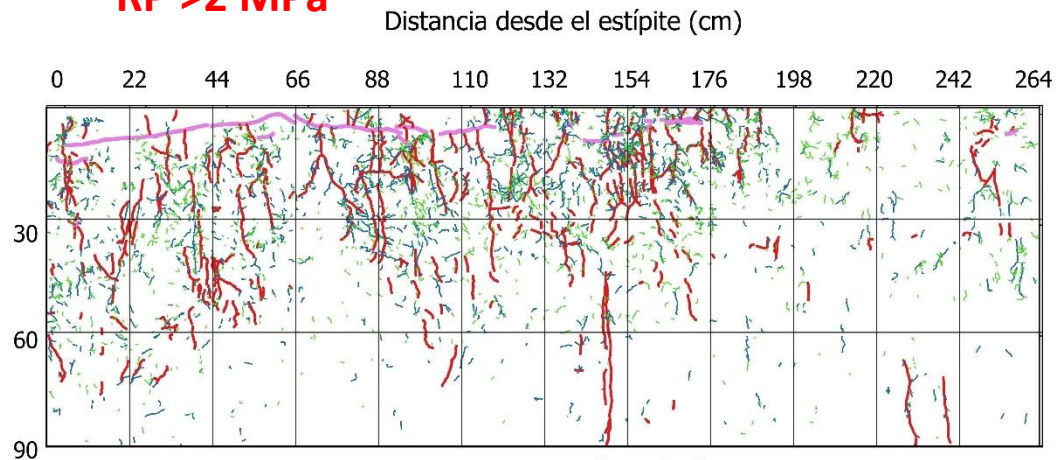
RP< 1,5 MPa



Fluventic Eutrudepts

MO<2%

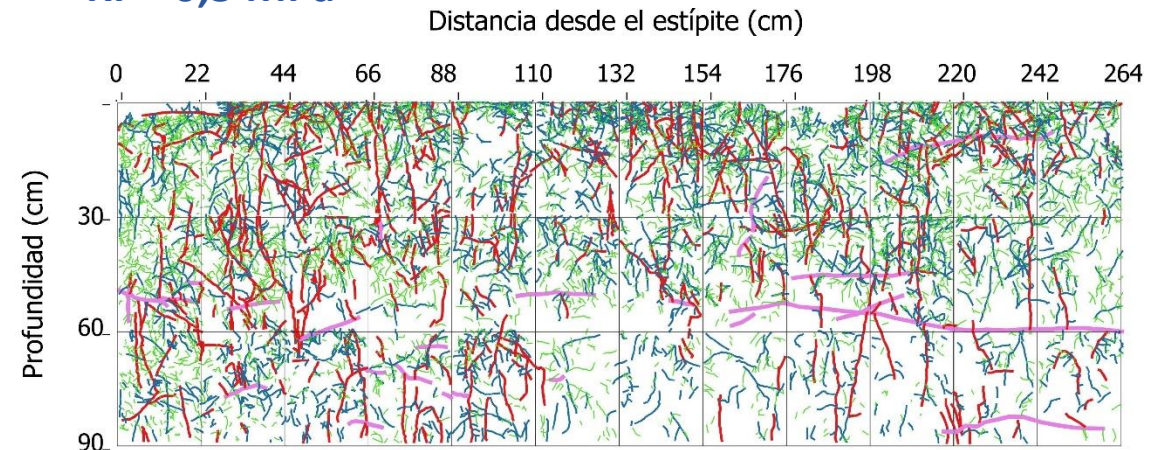
RP >2 MPa



Typic Hapludults

MO>20%

RP< 0,5 MPa



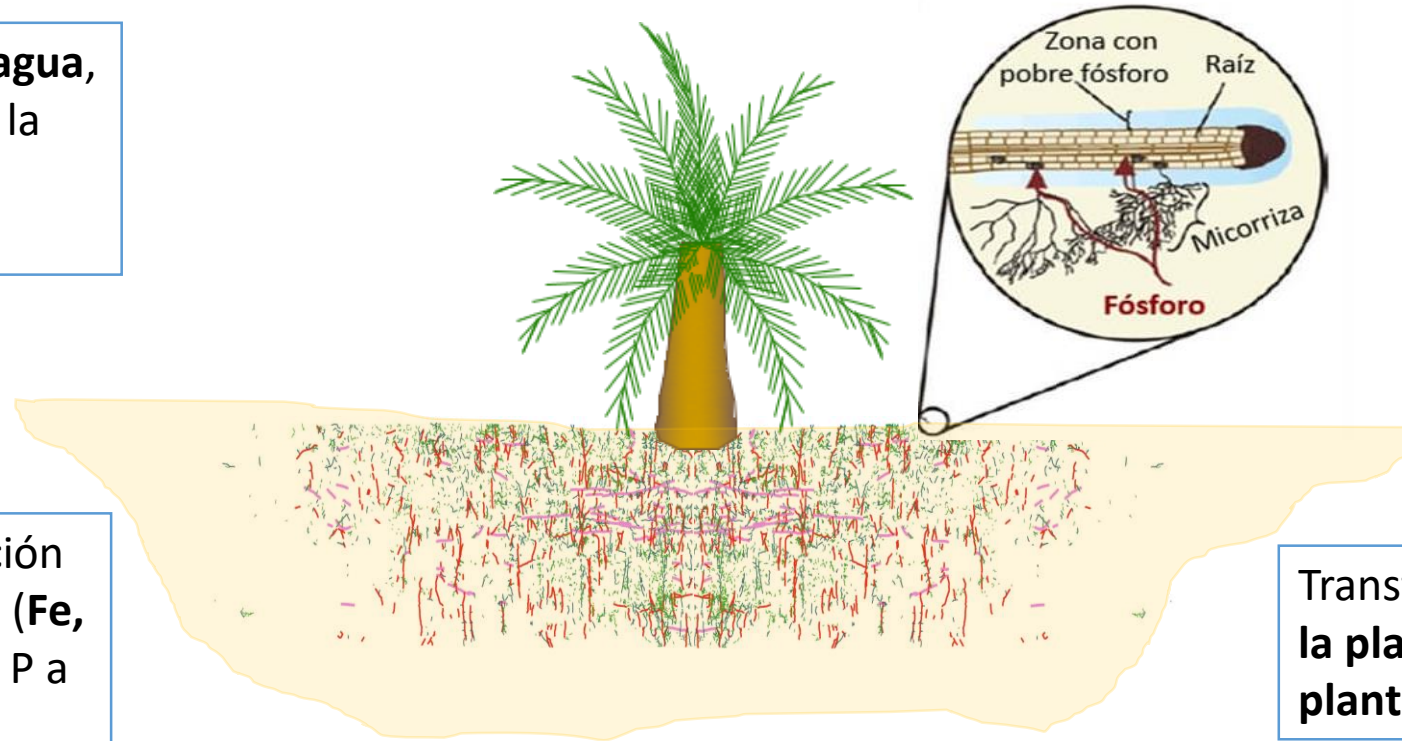
Terric Haplohemists

Biología del suelo y raíces- Formación de micorrizas en Palma de aceite

Asociación mutualista entre algunos hongos microscópicos y las raíces del **80% de las plantas terrestres** (Rivera, et, al., 2014)

Mejoran la **absorción de agua**, siendo fundamentales en la **tolerancia a estrés ambientales**.

Fundamentales en la captación de **N, P, K** y micronutrientes (**Fe, Cu y Zn**). Pueden captar N y P a partir de **fuentes orgánicas**.



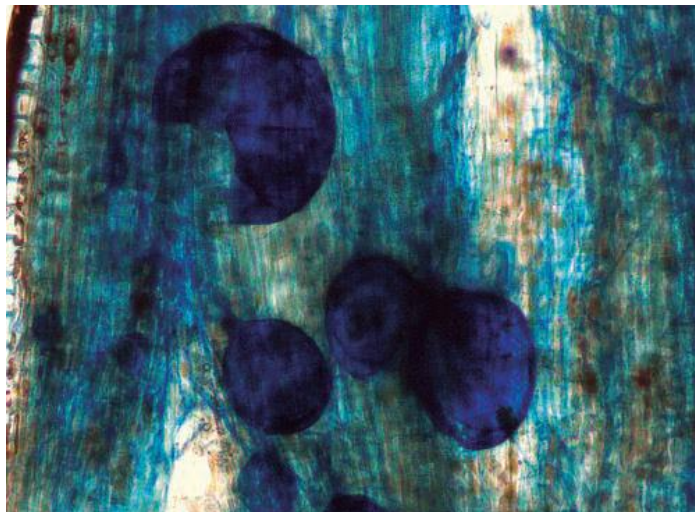
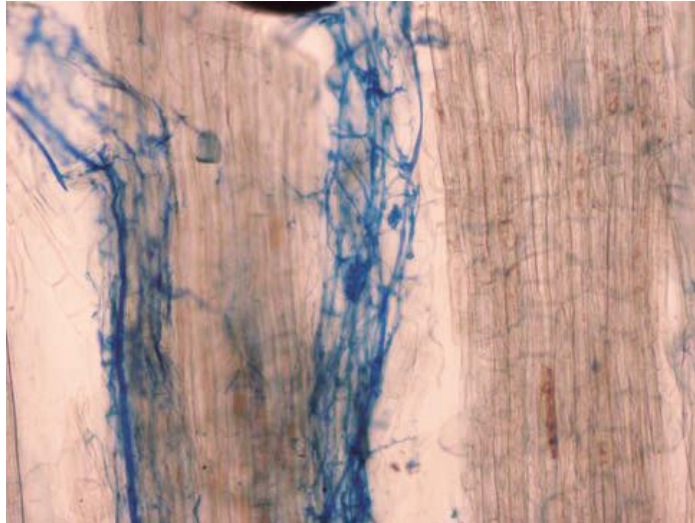
Poseen transportadores de P de alta afinidad

Transferencia desde el **suelo a la planta** y también **planta a planta** (Correa, 2016).

Aumentan la superficie de absorción, al servir de **extensiones al sistema radical**.

Formación de micorrizas en Palma de aceite

Asociación mutualista entre algunos hongos microscópicos y las raíces del **80% de las plantas terrestres** (Rivera, et, al., 2014)



# Aislamiento CIAT	Especie de HFMA	Efectividad para			
		Producción de masa seca	Toma de fósforo	Longitud radical	% Colonización radical
C-85	<i>A. appendicula</i>	xxx	xxx	xxx	xx
C-90-1	<i>A. appendicula</i>	0	xx	x	x
C-3-15	<i>A. laevis</i>	x	xx	0	xxx
C-86-2	<i>A. laevis</i>	xxx	xxx	xx	xxx
C-12-1	<i>A. longula</i>	xxx	xxx	xxx	x
C-13-6	<i>A. longula</i>	xxx	xxx	xxx	xxx
C-15-2	<i>A. mellea</i>	xx	xx	xxx	xx
C-93-1	<i>A. mellea</i>	0	0	0	x
C-3-12	<i>A. morrowae</i>	0	0	0	x
C-89-3	<i>A. morrowae</i>	0	0	0	xx
C-3-4	<i>A. myriocarpa</i>	xxx	xxx	xxx	xx
C-17-3	<i>A. myriocarpa</i>	xxx	xxx	x	xxx
C-10	<i>E. colombiana</i>	xxx	xxx	-	x
C-90-2	<i>E. colombiana</i>	xx	xx	xxx	x
C-1-1	<i>G. manihotis</i>	xxx	xxx	xx	xxx
C-3-10	<i>G. manihotis</i>	xxx	xxx	xx	xxx
C-3-2	<i>G. occultum</i>	xxx	xxx	xxx	x
C-13-8	<i>G. occultum</i>	xx	xx	xxx	xx
C-9	<i>Gi. heterogama</i>	0	0	0	0
C-89-1	<i>Gi. pellucida</i>	x	xx	x	x
C-13-3/4	<i>Glomus sp.</i>	xxx	xxx	x	xxx
C-105	<i>Glomus sp.</i>	xxx	xx	xx	xx

(Rivera, et, al., 2014)

Relación del sistema radical con la humedad del suelo

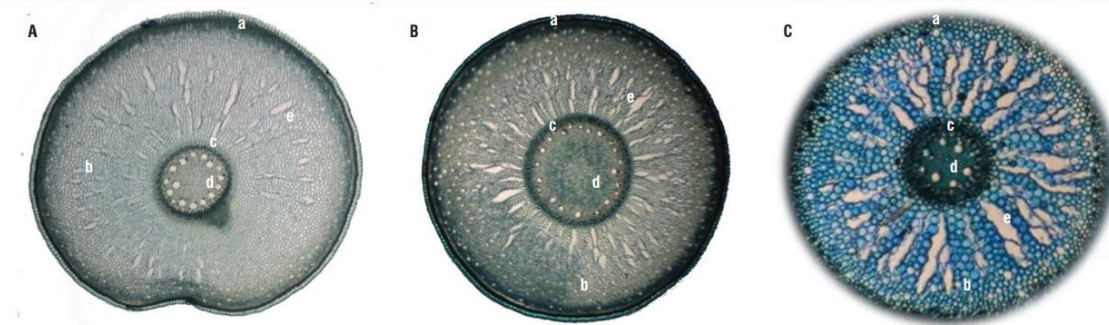
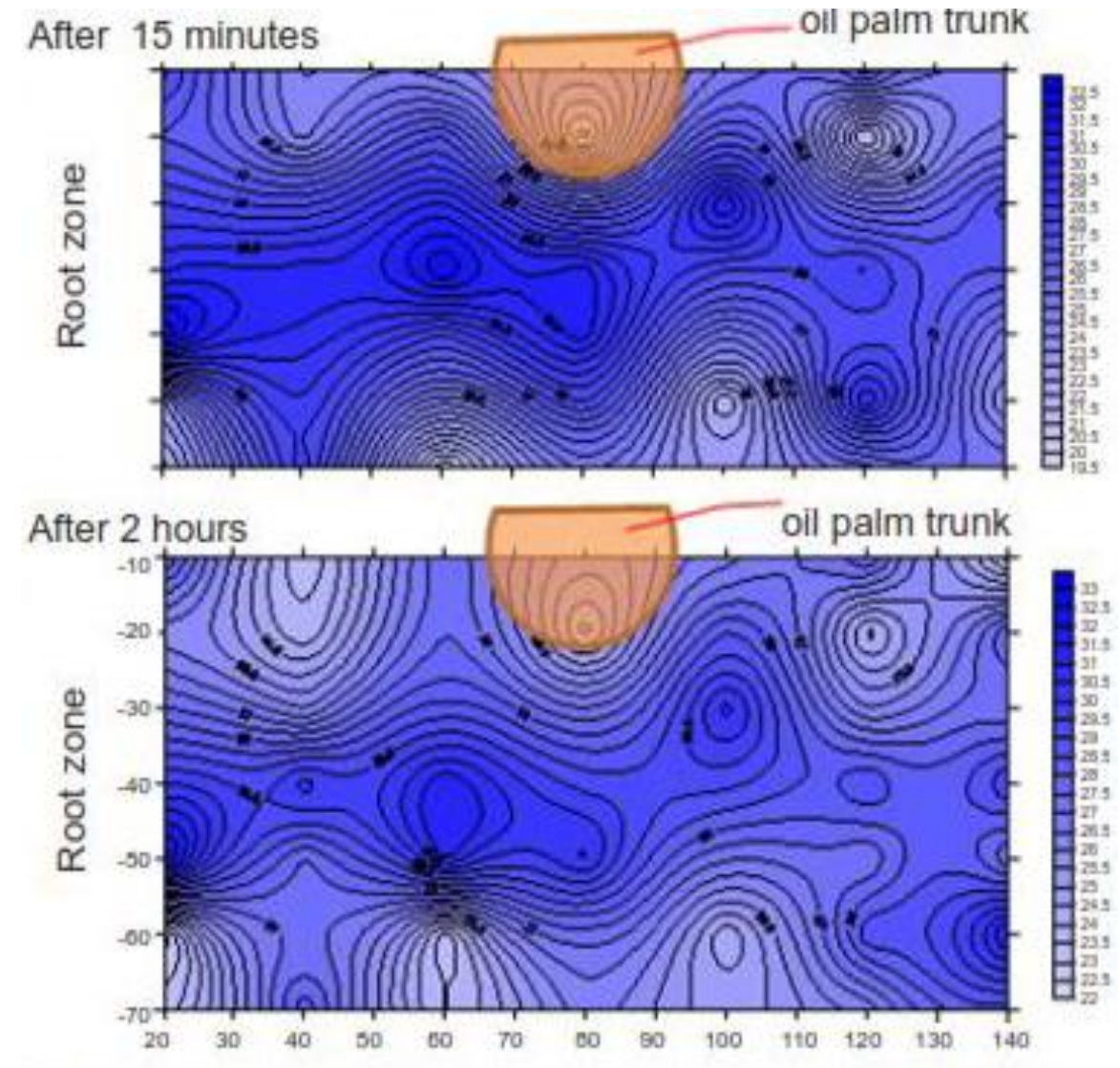


FIGURE 3. Optical microscope image (10x) of methylene blue stained cross-sections ($120\ \mu\text{m}$ thick and $3.5 \pm 0.5\ \text{mm}$ diameter) of primary roots oil palm (*E. guineensis*) grown under waterlogged conditions. A, partial waterlogging; B, continuous waterlogging; C, pneumatophore: a, 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, Cuenca y Romero, 2016

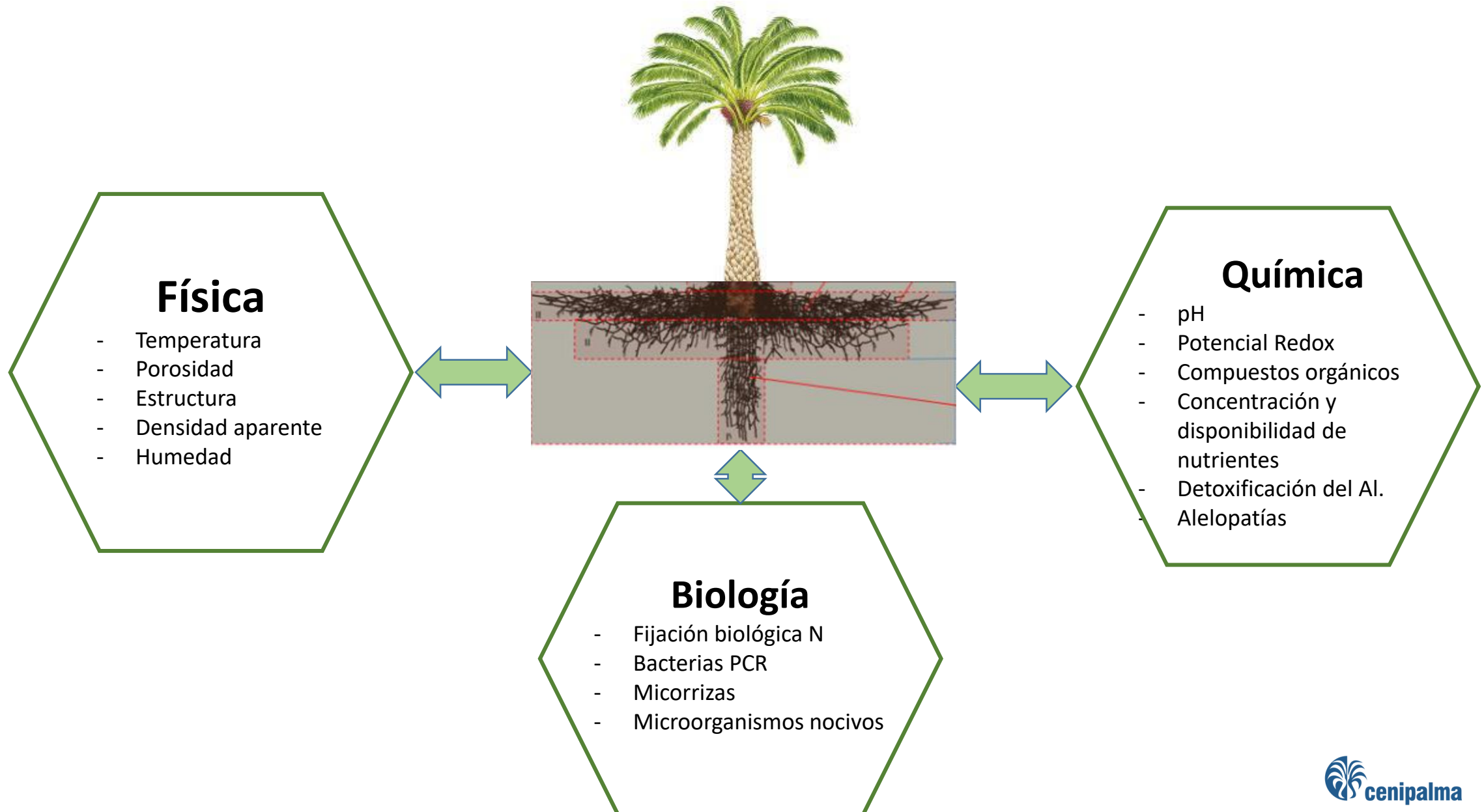


Fuente: Cristancho, 2001

Contenido

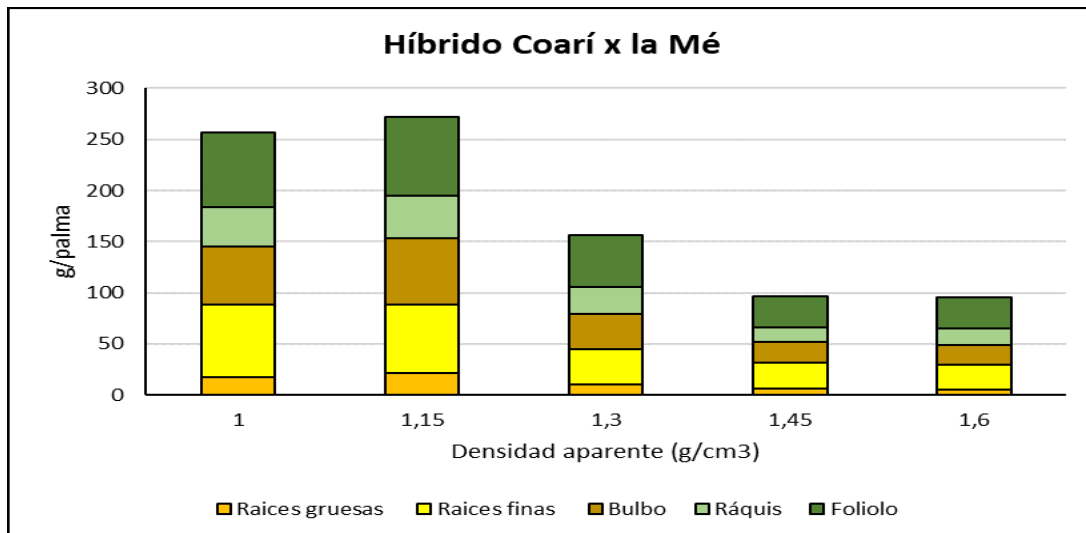
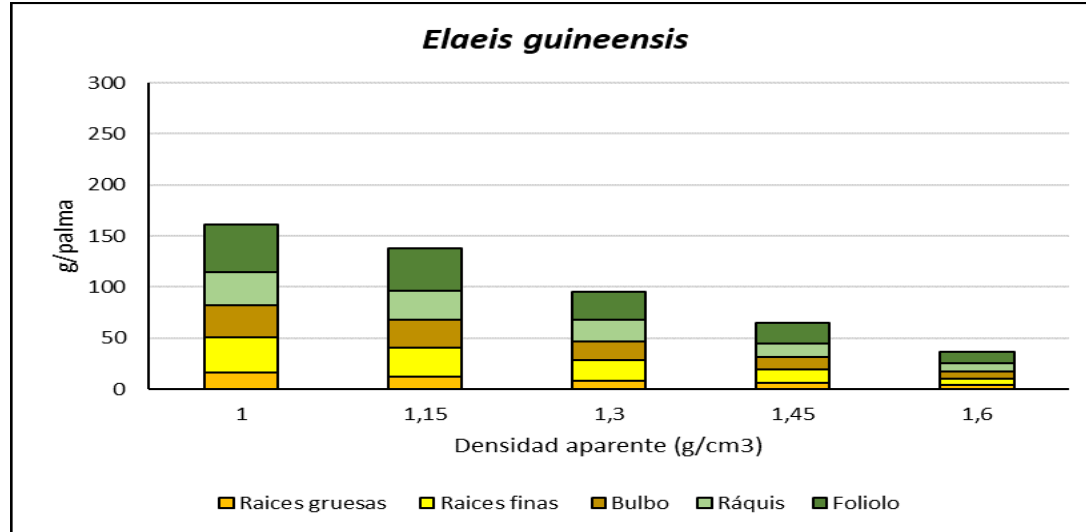
1. Introducción
2. Arquitectura y morfología del sistema radical en palma de aceite.
3. Metodologías de evaluación del sistema de raíces.
4. Factores asociados a la dinámica del sistema radical en palma de aceite.
5. Interacciones abióticas, bióticas y su manejo.
6. Posibilidades de mejora de la rizosfera.
7. Comentarios de cierre

Interacción raíz – suelo: impactos y manejo



Impacto de variables físicas en el desarrollo de raíces

Materia seca (g/palma) Vs densidad aparente (g/cm³)

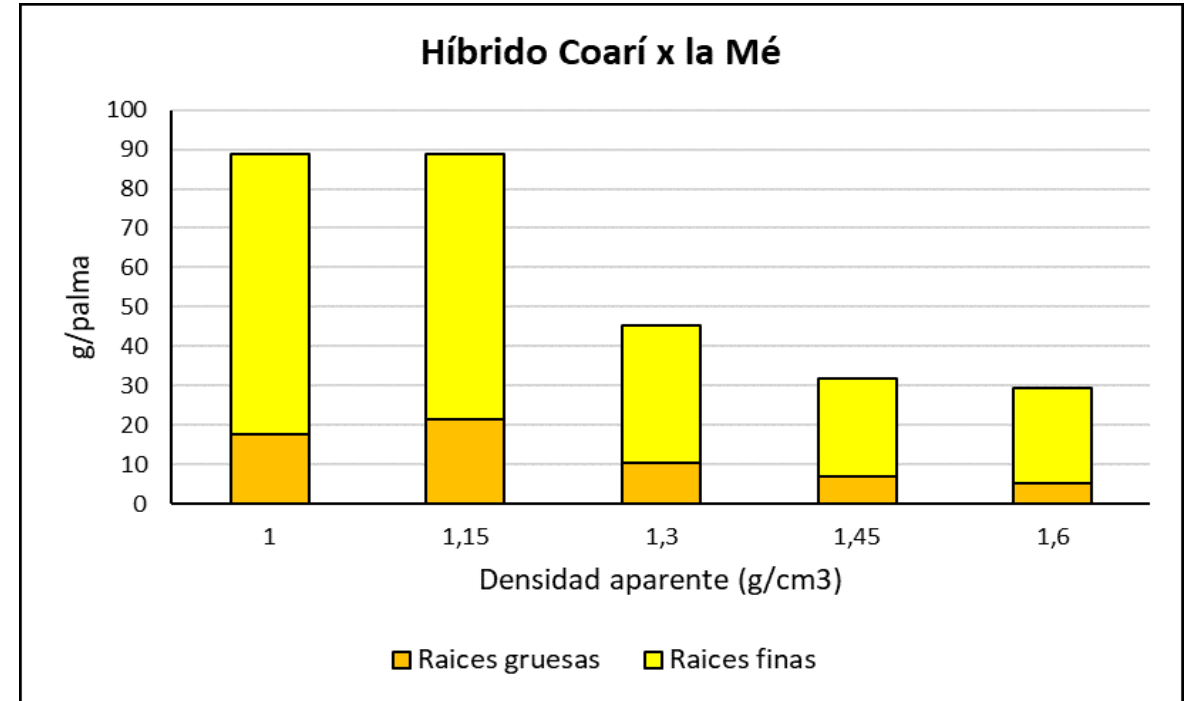
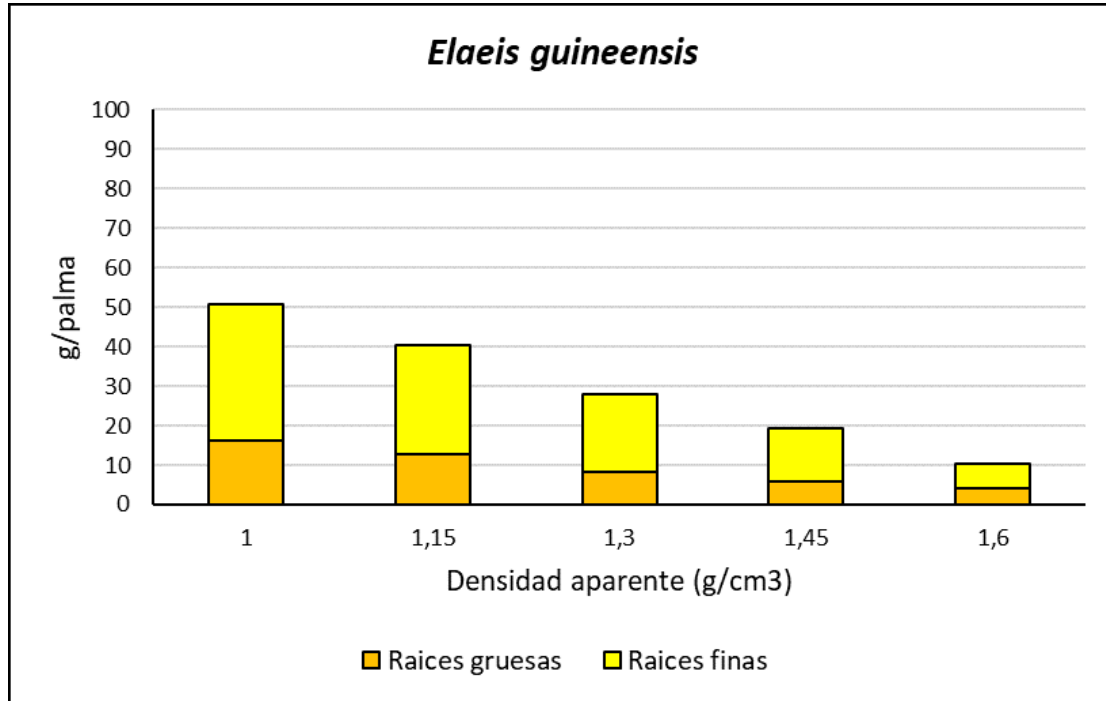


Desarrollo de la palma bajo diferente densidad aparente en el suelo

Valores de 1,15 g/cm³ para guineensis y de 1,3g/cm³ para OxG; impactan el desarrollo vegetativo

Impacto de variables físicas en el desarrollo de raíces

Materia seca de raíces(g/palma) Vs densidad aparente (g/cm³)



Reducción del 80% de masa de raíces para *E. guineensis* y de 67% para OxG

Aireación del suelo al momento de la siembra y desarrollo de raíces

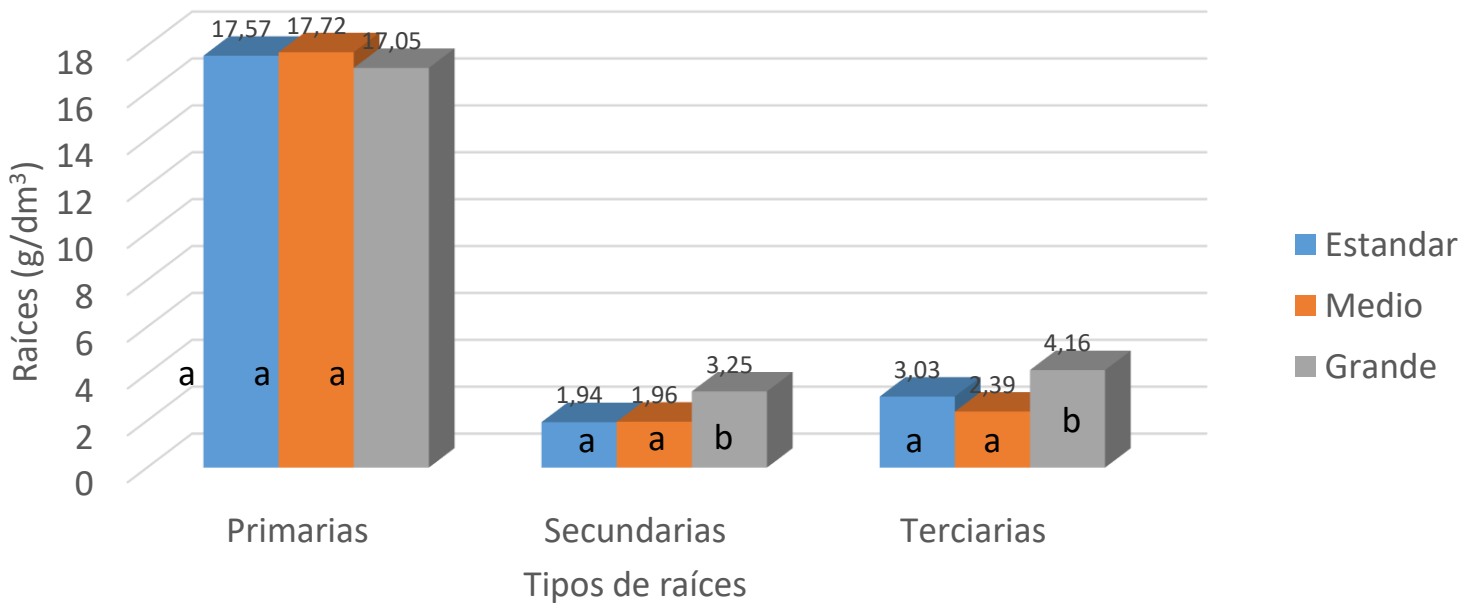


Ahoyado para siembra de palma.



Biomasa e incremento de la diversidad biológica.

Impacto del ahoyado y la aplicación de racimos vacíos en la distribución de raíces



El ahoyado amplio y los racimos vacíos tienen su principal impacto en raíces secundarias y finas

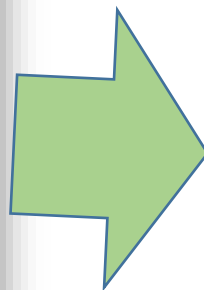
Condiciones físicas adecuadas: plantas de cobertura y arbustivas



Intervención mecánica del suelo para aumentar aireación.



Plantas asociados a la palma – mejoramiento físico, químico y biológico del suelo – palma joven.



Plantas asociados a la palma – mejoramiento físico, químico y biológico del suelo – palma adulta.



Actividad biológica en suelos de palma

Intervención y mantenimiento de condiciones físicas adecuadas con vegetación acompañante.

Impacto de la baja aireación sobre variables fisiológicas de la palma



Suelo aireado



Palma en área sin problemas de aireación



Suelo con problemas de aireación



Palma en área con problemas de aireación

Tabla 1. Efecto de la baja aireación del suelo sobre variables fisiológicas

Estado del suelo	Fotosíntesis ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{S}^{-1}$)	Conductancia estomática ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{S}^{-1}$)	Transpiración ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{S}^{-1}$)
Aireado	13,35	550	4,94
Inundado	5,24	26	1,15
Diferencia (%)	39,25	4,73	23,28

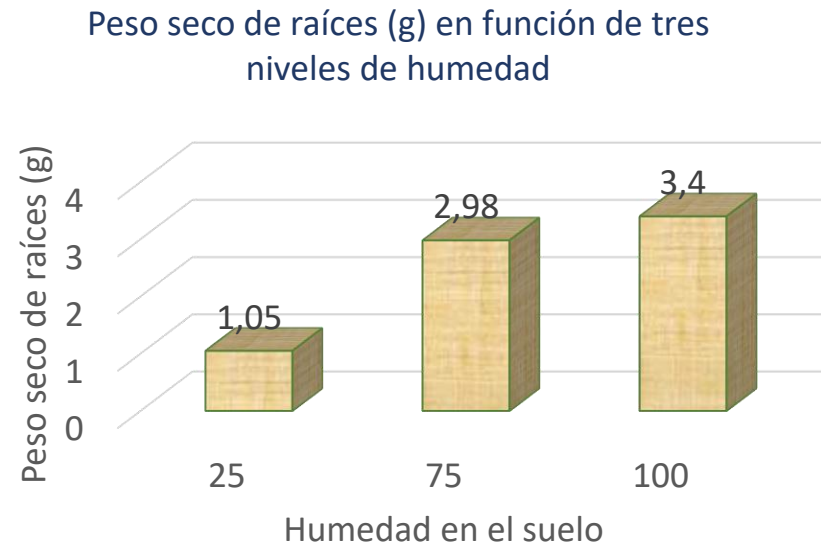
Fuente: Henson, I., Harun, M. & Chang, K... 2008

En condiciones de baja aireación del suelo la fotosíntesis se reduce 61% y esto impacta el desarrollo vegetativo

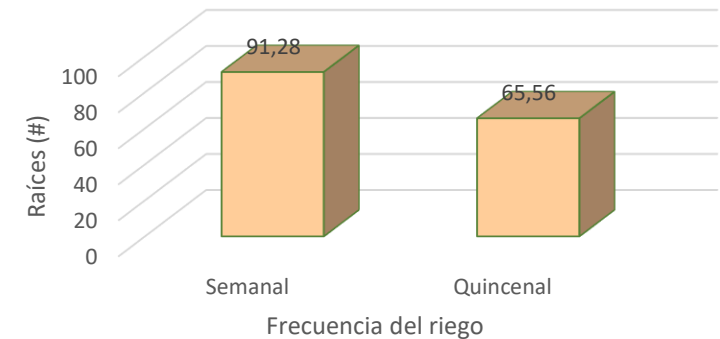
Impacto de la déficit hídrico en el sistema radical



Palma con secamientos asociados con déficit hídrico



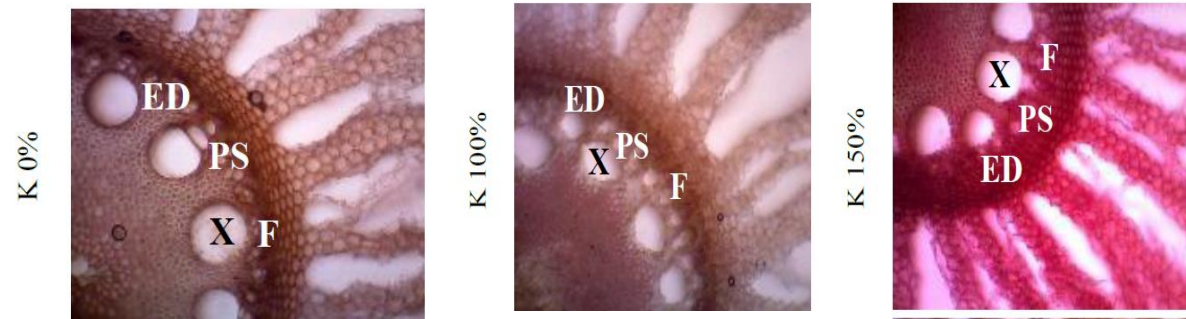
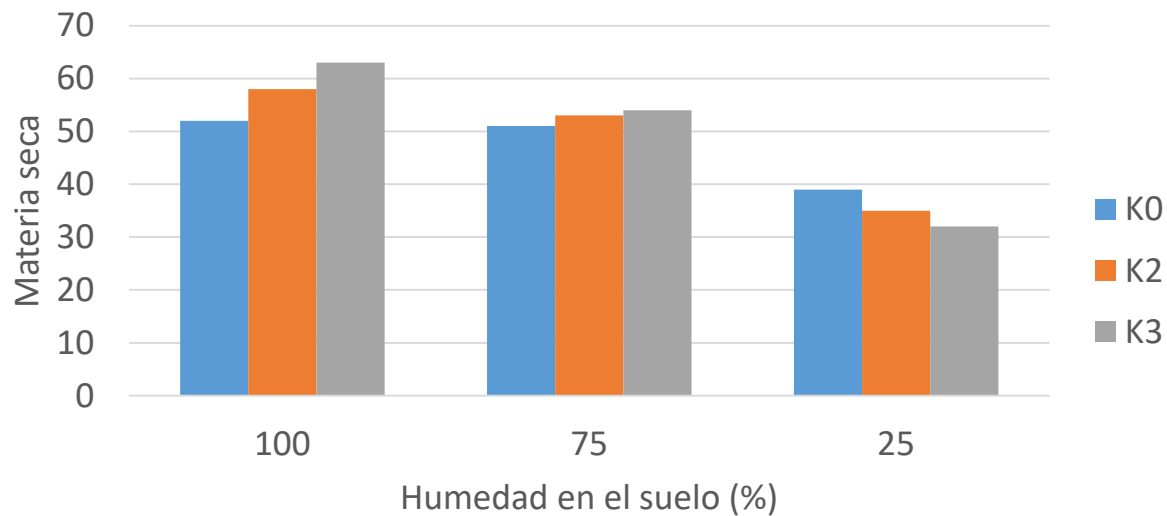
Raíces # en función de la frecuencia del riego



Reducción del 75% de la masa de raíces por el déficit hídrico

Manejo del potasio y reducción del estrés

Efecto de tres dosis de potasio y tres niveles de humedad en el suelo sobre materia seca en vivero



Cambios en diámetro del xilema, floema, grosor de la células y esclerénquima. Dosis altas de K. (Irawan, W. & Putra, T. 2020)

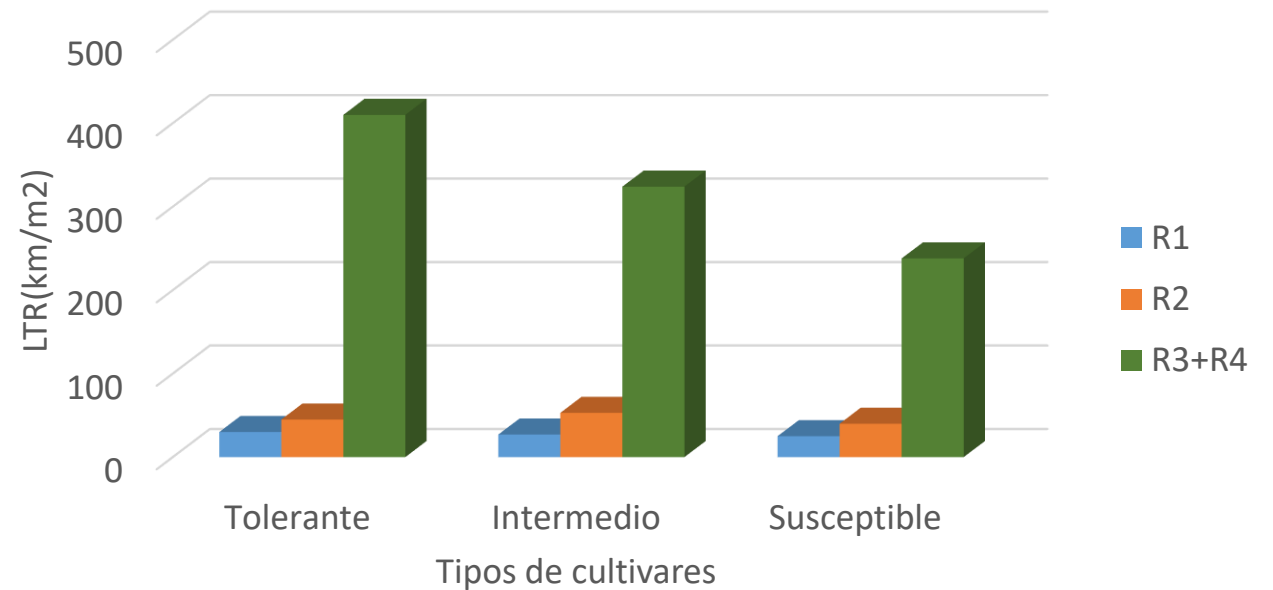
Menor impacto cuando se aplica K y se relaciona con cambios en la anatomía de las raíces.

Tolerancia al estrés y desarrollo radicular de la palma de aceite



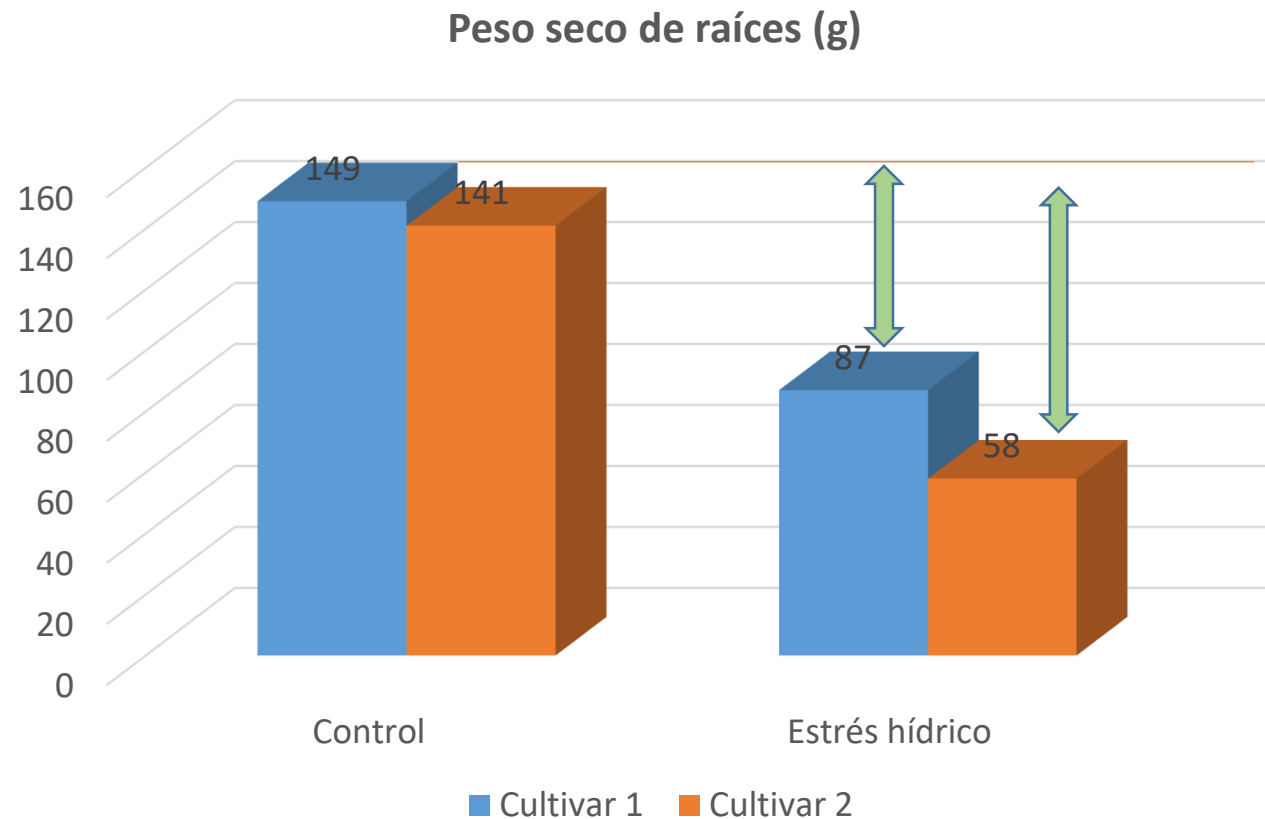
Palma con síntomas asociados con déficit hídrico

Longitud total de raíces para cultivares Tolerantes, intermedios y susceptibles frente a la sequía



La tolerancia al estrés hídrico se asocia con el mayor volumen de raíces terciarias y cuaternarias

Cultivares e impacto en biomasa de raíces frente al estrés hídrico



Reducción de la actividad de enzimas involucradas en el metabolismo de carbono. Reducción de raíces: 42% en cultivar 1 y 59% en cultivar 2.

Temperatura: factores relacionados con desarrollo de raíces

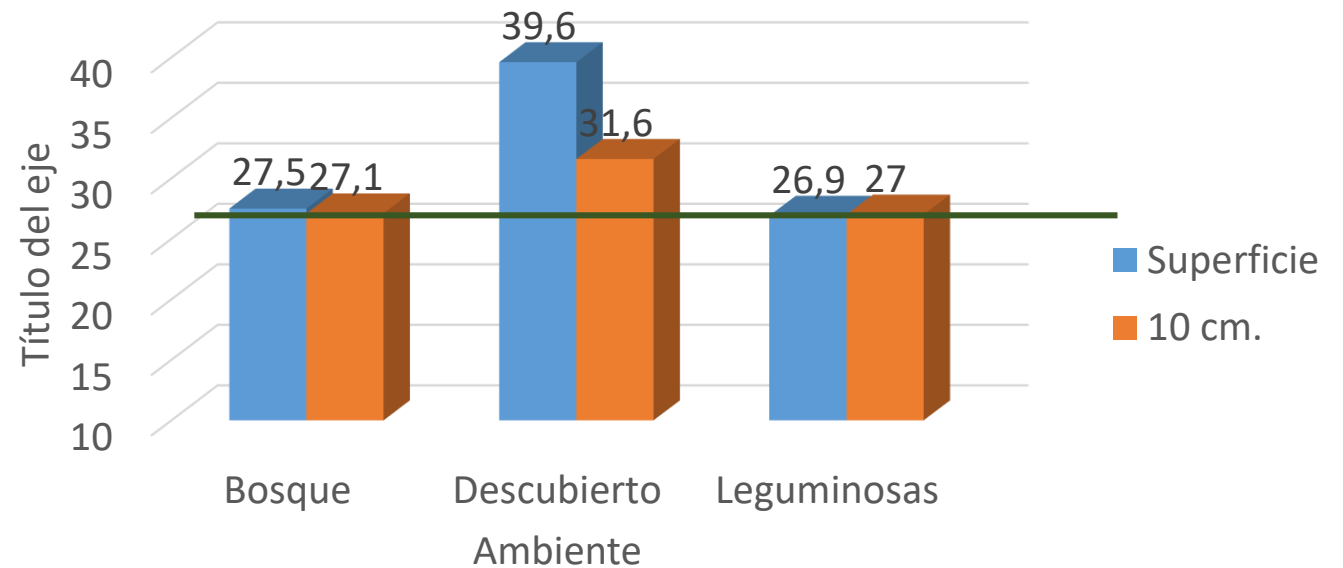


Suelos cubierto



Suelo con baja cobertura

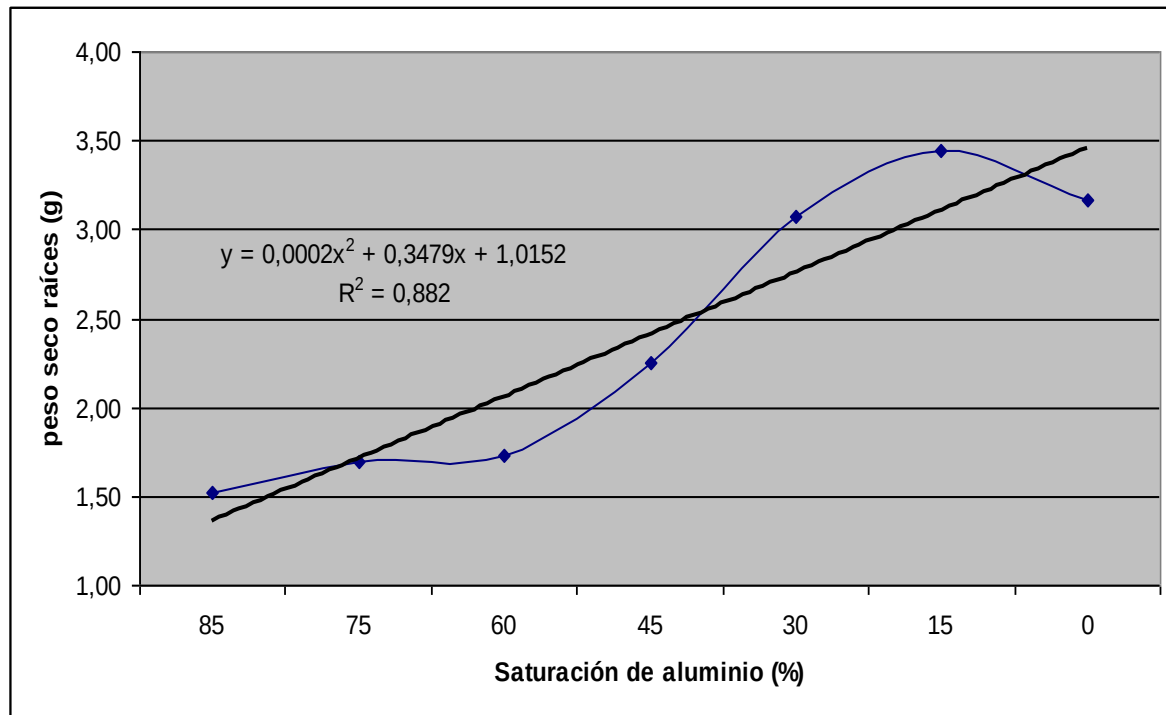
Temperatura en el suelo para tres tipos de ambiente



Bajo suelo cubierto con leguminosa la temperatura es similar a un bosque. Temperatura y humedad del suelo afectan la masa de raíces.

Variables químicas y el desarrollo de raíces

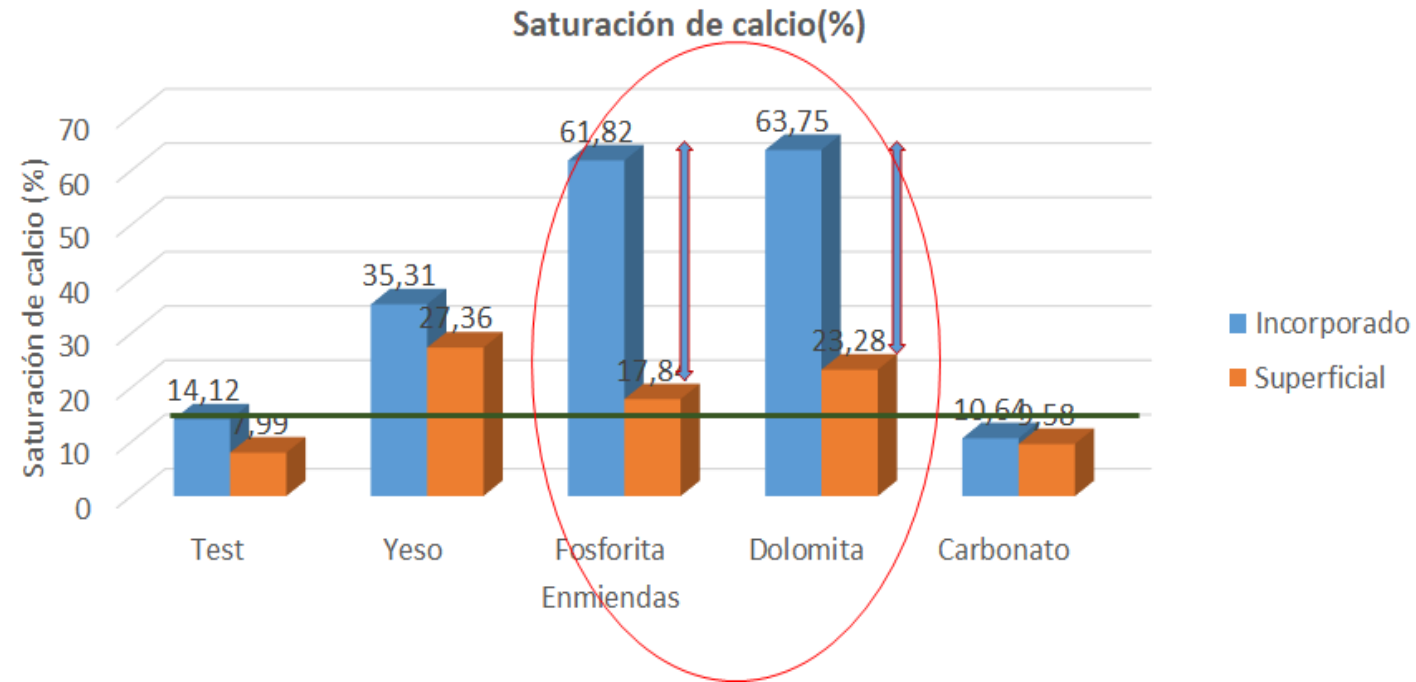
Peso seco de raíces en función del saturación de aluminio en el suelo.



El sistema radical de la palma se afecta negativamente por la alta saturación de aluminio. Incremento de Calcio, magnesio y fósforo favorecen el desarrollo del sistema radica.

Aplicación adecuada de enmiendas para impactar efectivamente la química del suelo

Saturación de calcio en función de 4 enmiendas y 2 métodos de aplicación



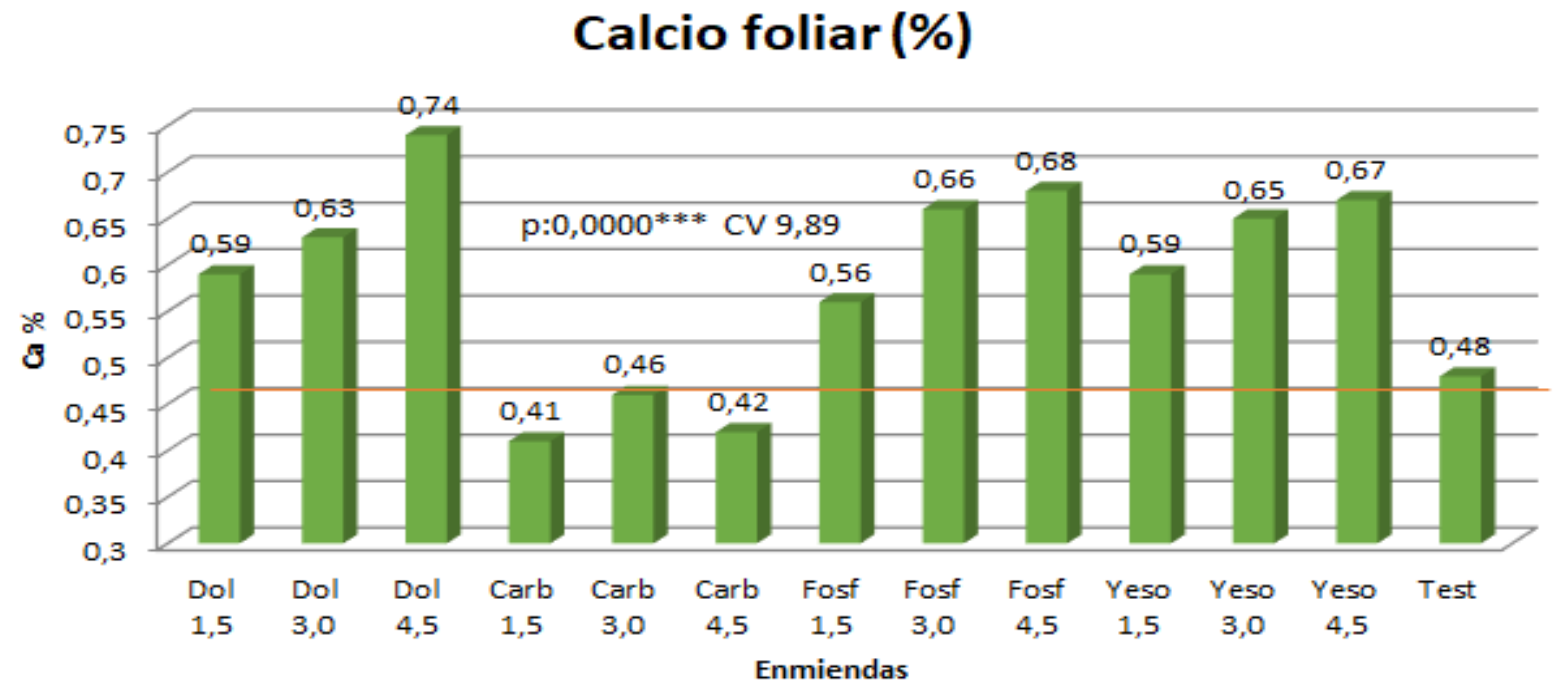
La incorporación multiplica por tres el impacto de las enmiendas en el suelo.
Es posible intervenir cultivos establecidos y favorecer la diversidad de especies de plantas

Efectividad de la aplicación de enmiendas en variables de nutrición

Impacto de la aplicación en los contenidos foliares de nutrientes



Palma con síntomas asociados con deficiencia – desbalance de nutrientes

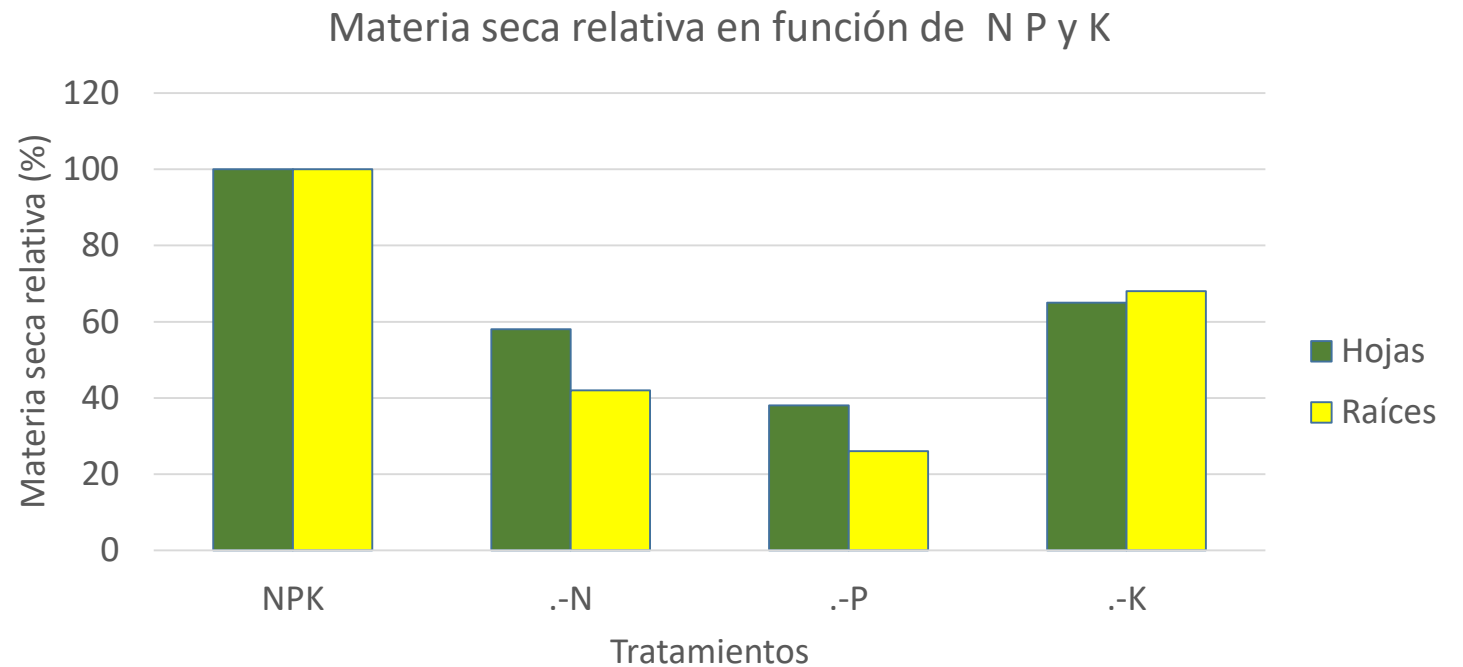


Respuesta altamente significativa para las tres enmiendas portadoras de calcio.

Impacto de los nutrientes en el desarrollo de raíces

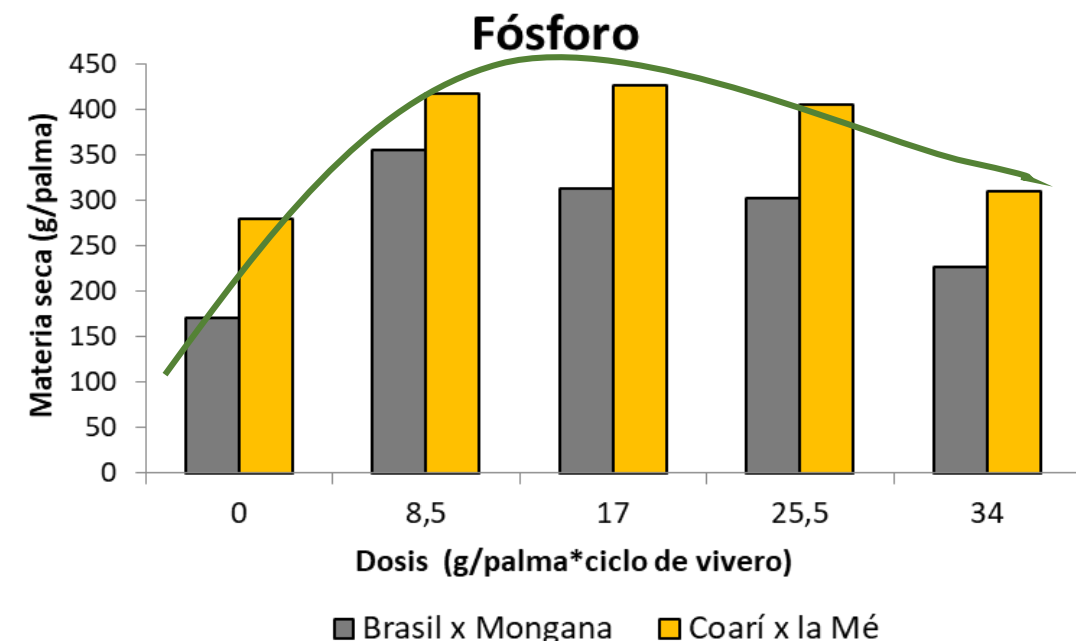
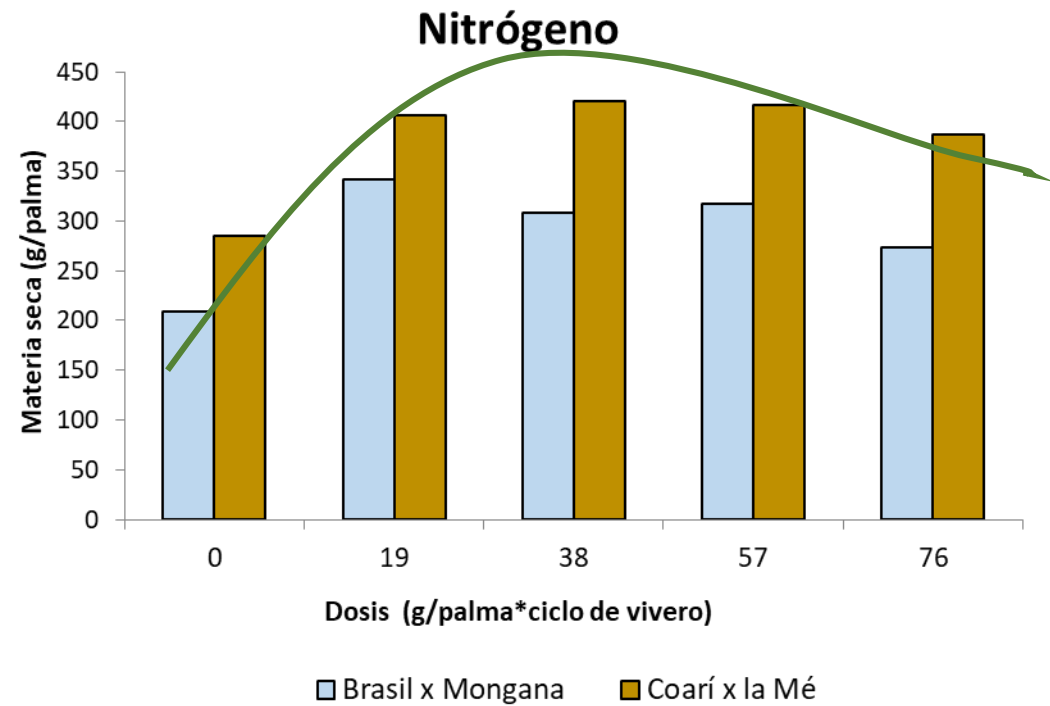


Palma de aceite en etapa de vivero



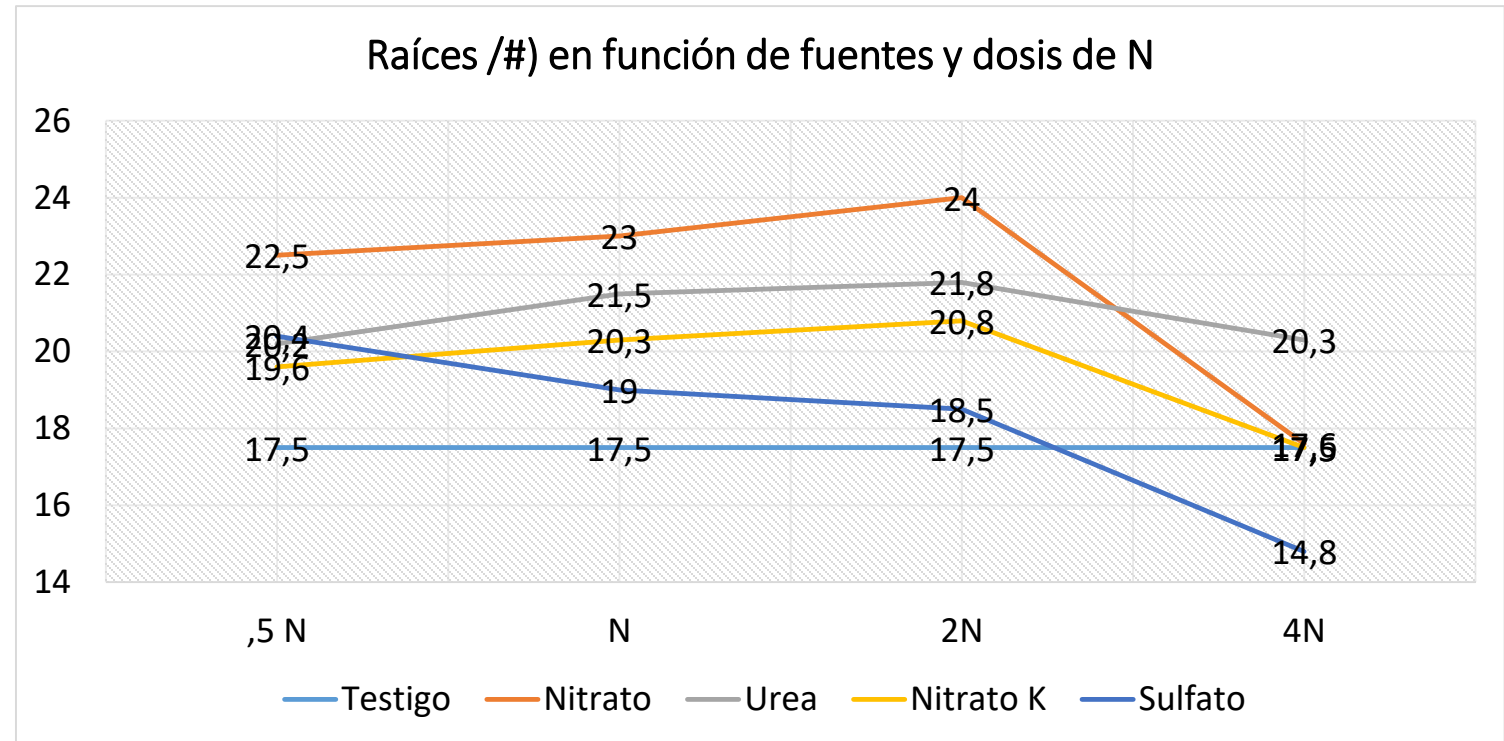
Mayor impacto del fósforo en el desarrollo de raíces

Dosis de nitrógeno y Fósforo, y su impacto en el desarrollo de raíces en OXG



Importancia de considerar el aporte de las coberturas leguminosas y los antagonismos por exceso de P.

Fuentes y dosis de nitrógeno y su impacto en el desarrollo de raíces



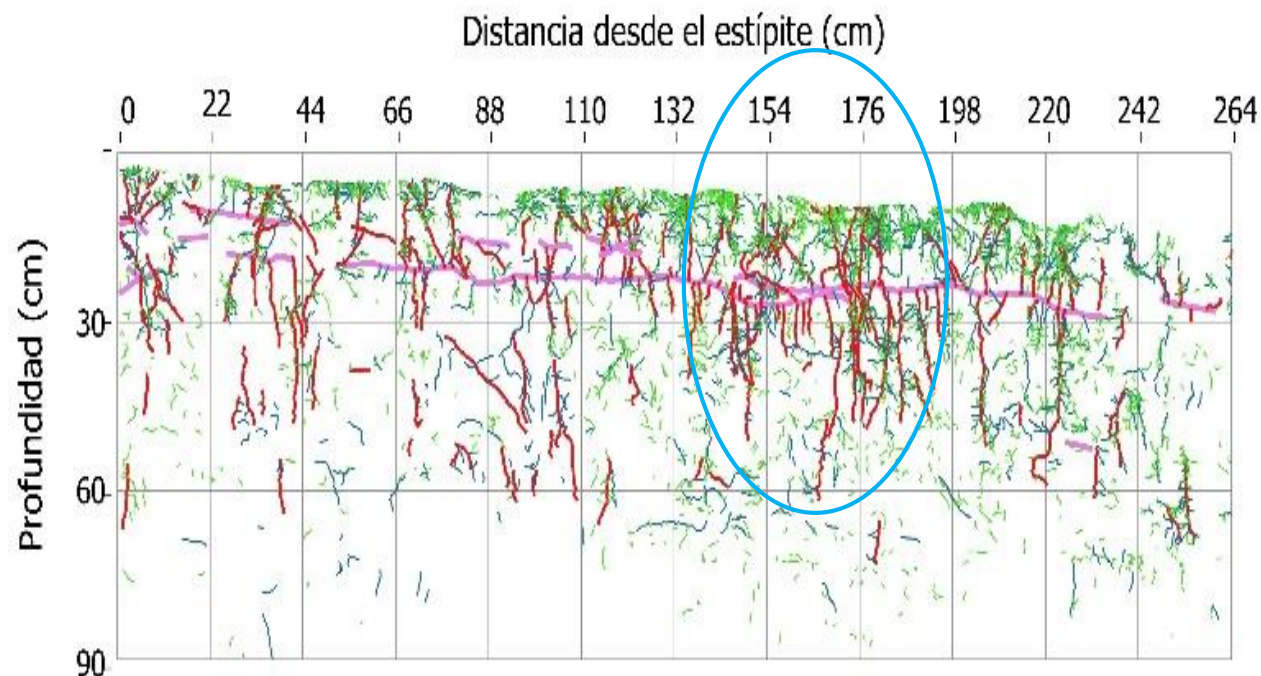
Efecto diferencial de las fuentes y respuesta negativa a dosis altas de nitrógeno.

Densidad de raíces y sitio óptimo de aplicación de nutrientes

Densidad de raíces finas <2mm. (cm/cm³) para tres distancias y 7 profundidades

Profundidad	Distancia		
	1 m	2,5 m	4 m
0 - 10	12,8	2,8	1,3
10. - 20	5,1	0,8	1,7
20 - 30	5,8	1,1	1,4
50	3,1	1	0,6
100	0,6	0,2	0,2
200	0,7	0,2	0,1
300	0,1		
400	0		

Fuente: Schroth, G., Rodrigues, M., & Angelo, D. 2000

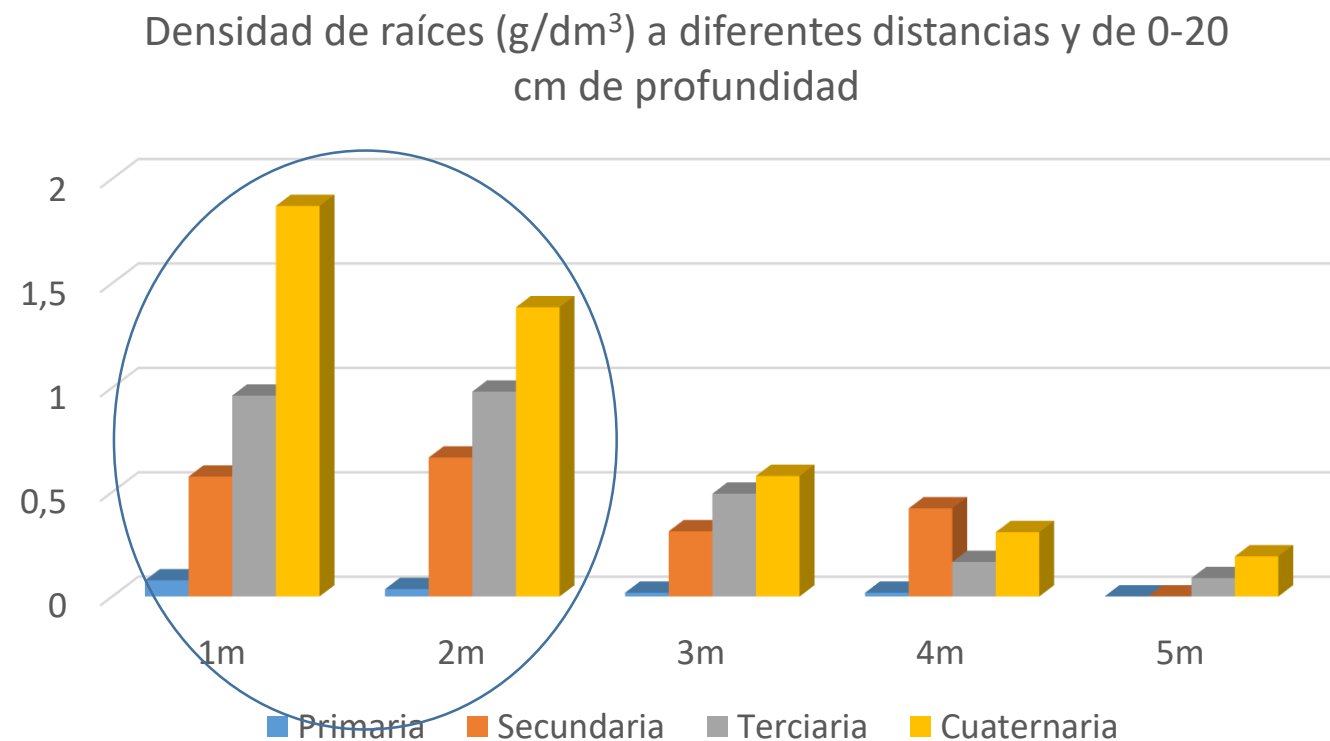


Las prácticas de manejo del cultivo estimulan la mayor densidad de raíces. Entre 1,5 -2,5 m del estípite.

Densidad de raíces y sitio óptimo de aplicación de nutrientes



Representación de distancias de muestreo de raíces en cultivo de palma

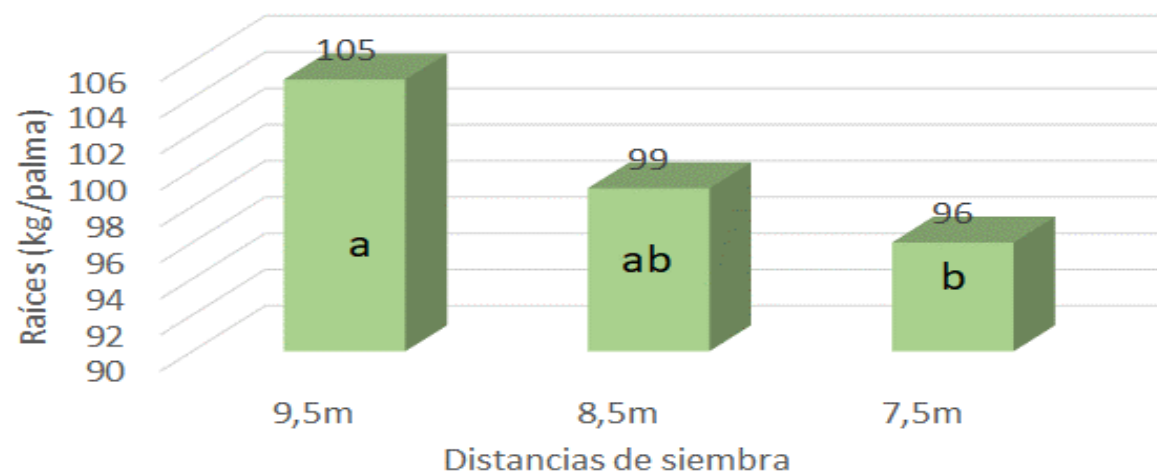


La zona radical mas activa está a 1,5 metros de distancia del estípote y a 5 cm de profundidad. Hasta dos fraccionamientos de M mejor UEN

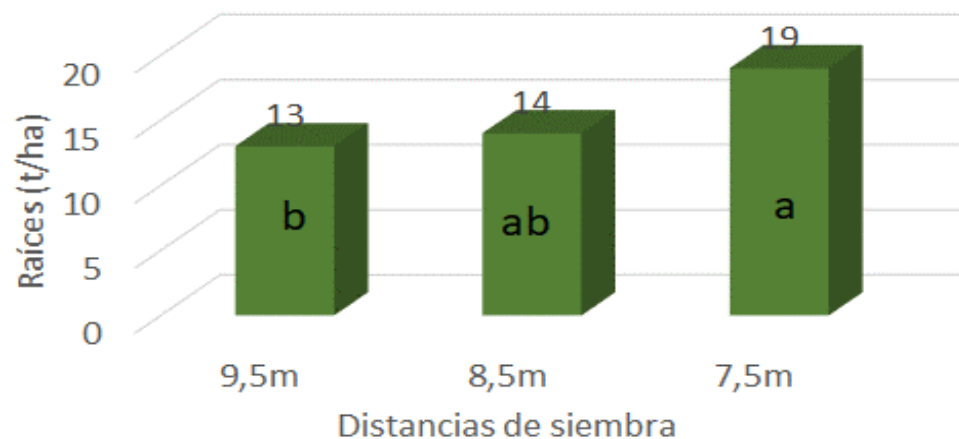
Densidades de siembra y biomasa de raíces



Total de raíces (kg/palma)

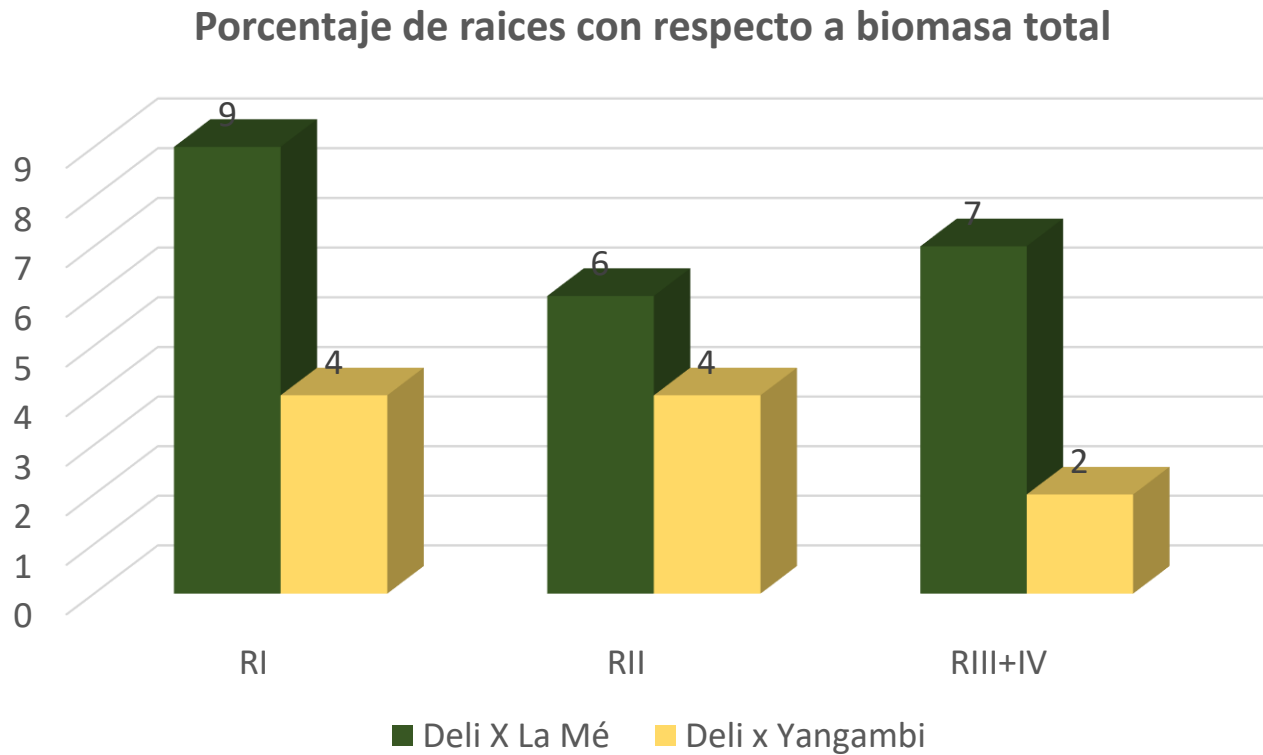


Total de raíces (t/ha)



Mayor masa de raíces a densidades altas.
Oportunidad de cultivos intercalados e incremento
del secuestro de carbono

Cultivares y biomasa de raíces



Raíces de palma de aceite

22% de biomasa de raíces Vs 10%. La adaptación de los cultivares se relaciona con mayor proporción de raíces.

Densidad del sistema radical y posibilidad de asociación con diversidad de plantas



Las raíces ocupan de manera parcial el suelo, con bajo riesgo de competencia entre plantas
Alrededor de 200 especies de plantas “y sus raíces” se pueden asociar con el cultivo de palma de aceite

La rizosfera: reserva de microorganismos para el manejo integrado de plagas y enfermedades



Pudrición del cogollo (PC)

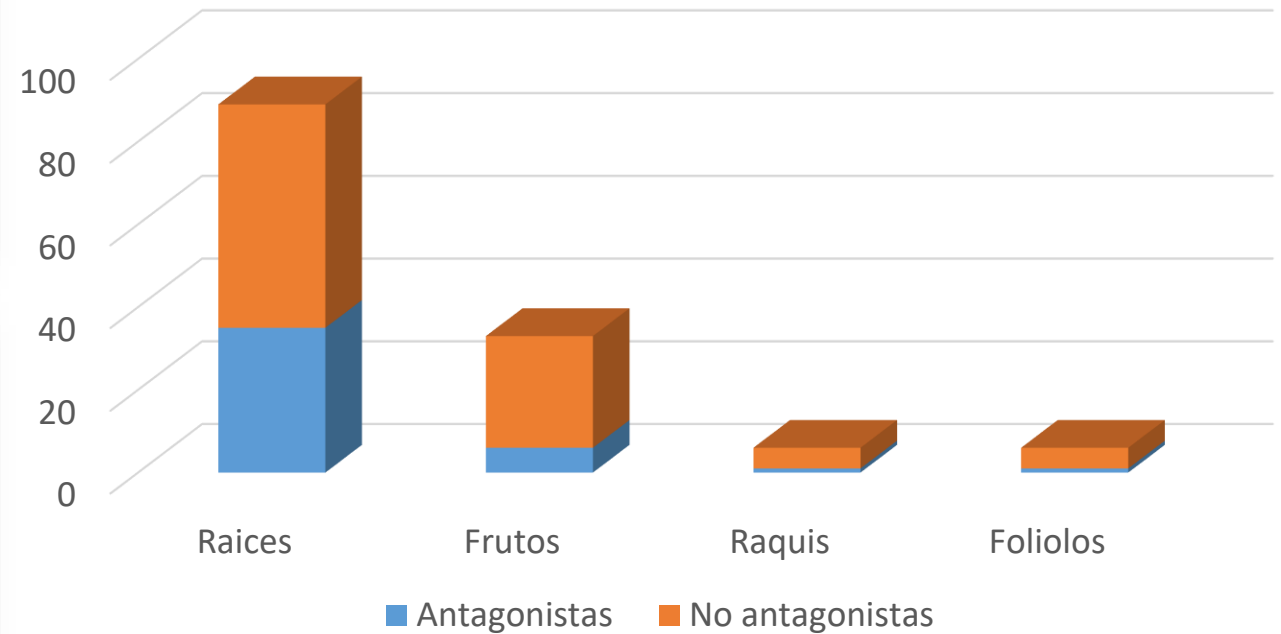


Carpóforo de Ganoderma sp.

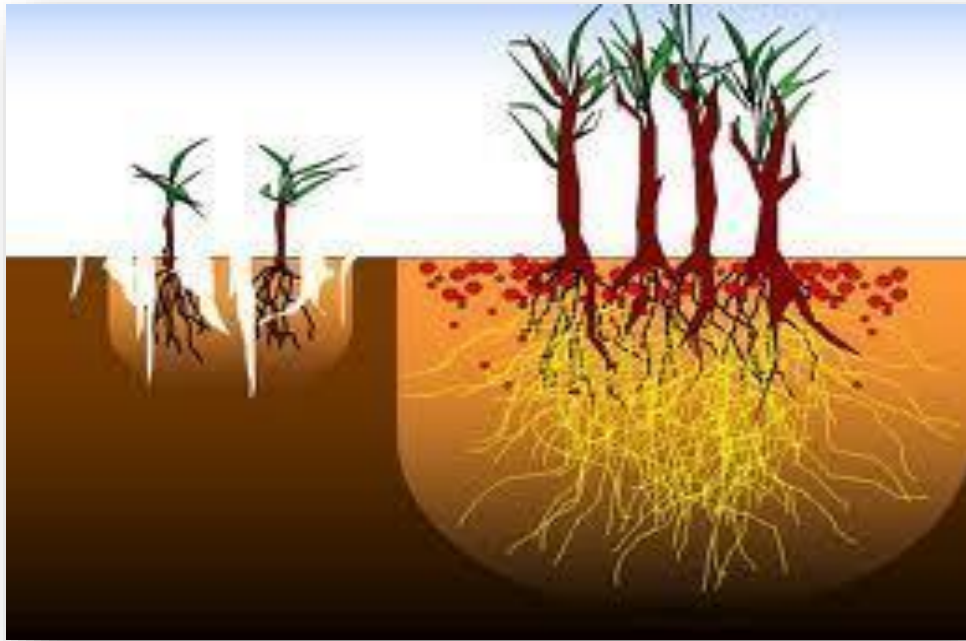


Esquematización de planta y rizosfera

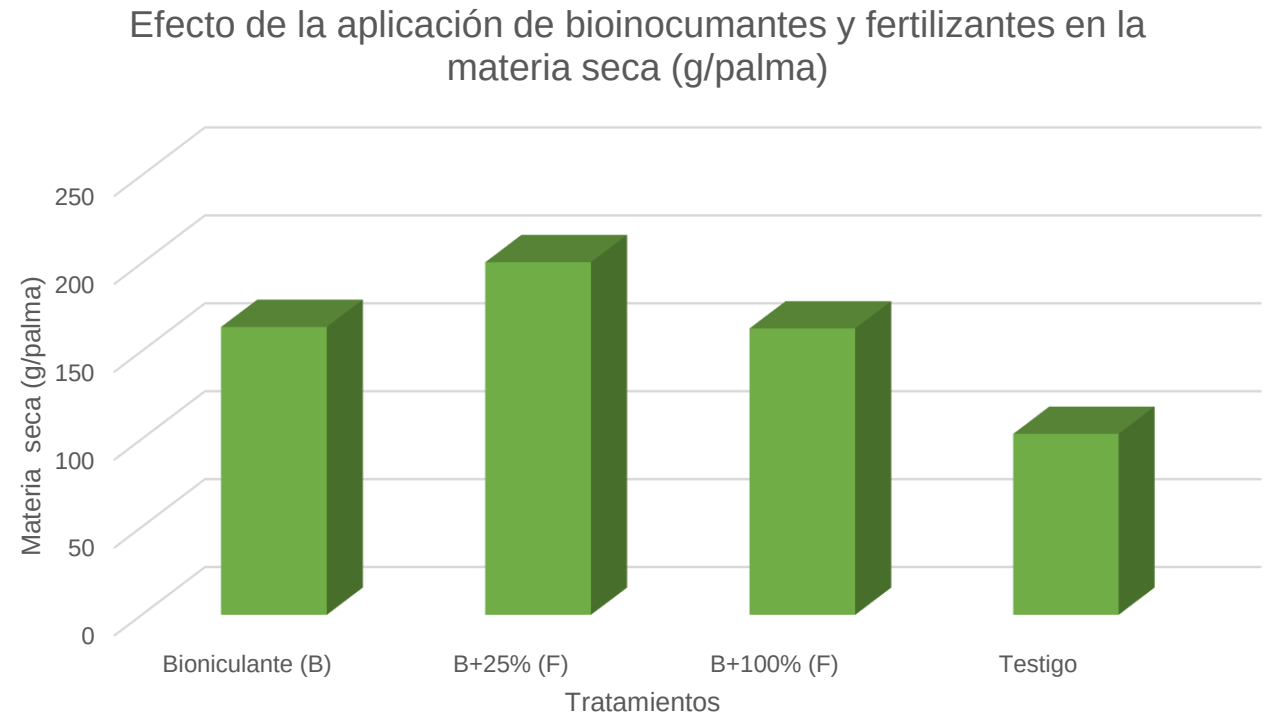
Aislamientos de microorganismos de diferentes tejidos de la palma de aceite



Uso de bioinoculantes y fertilización para estimular crecimiento

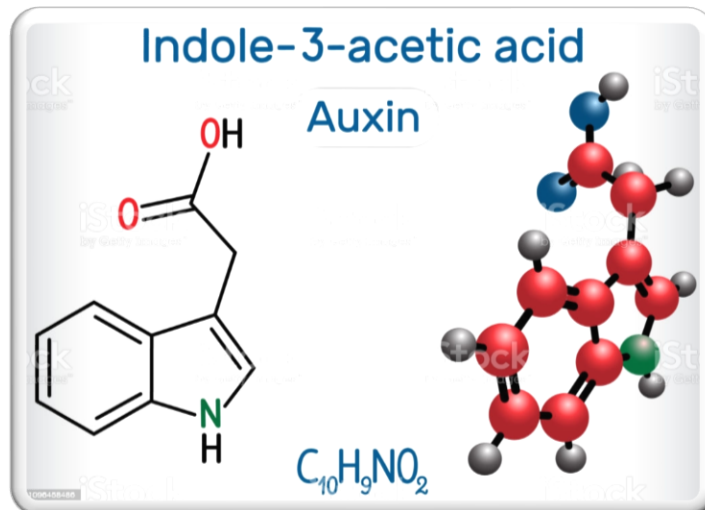
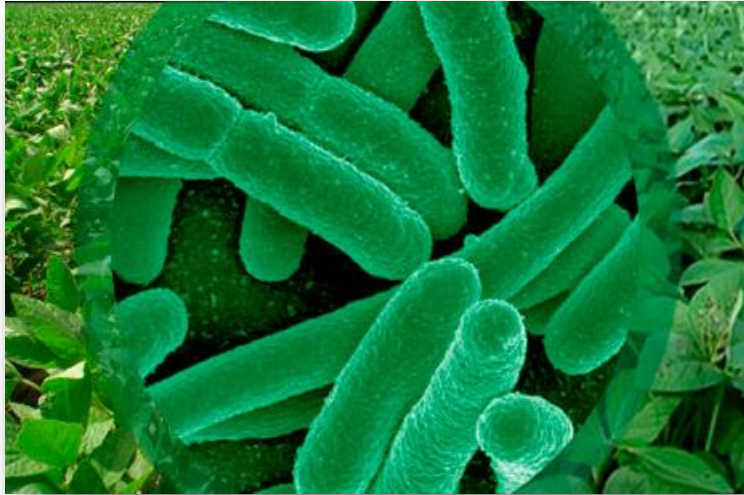


Representación del efecto de la asociación de plantas y microorganismos del suelo

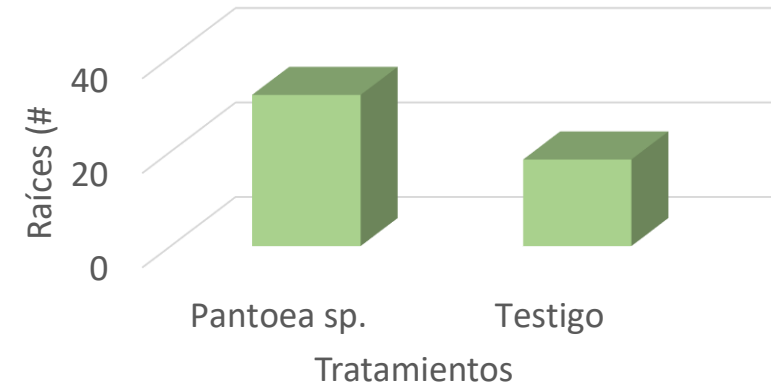


Bajo condiciones de vivero la aplicación de bioinoculantes permite el mejor desarrollo de las plantas y el uso eficiente de nutrientes

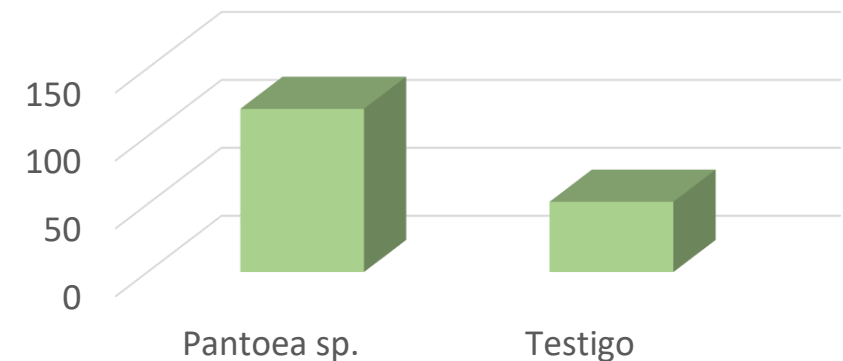
Efecto de bacterias promotoras de crecimiento sobre el sistema radical



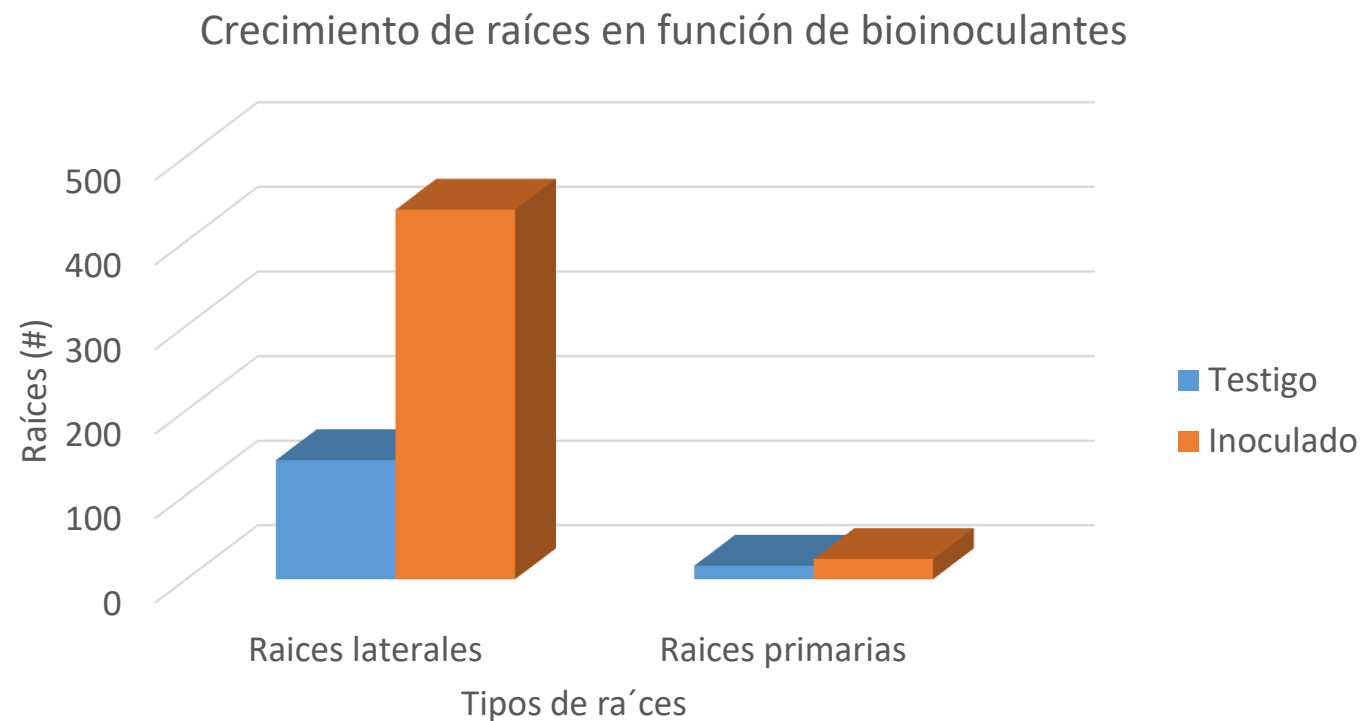
Efecto de la aplicación de BPC sobre el # de raíces en palma en etapa de vivero



Efecto de la aplicación de BPC sobre el la longitud de raíces en palma en etapa de vivero)

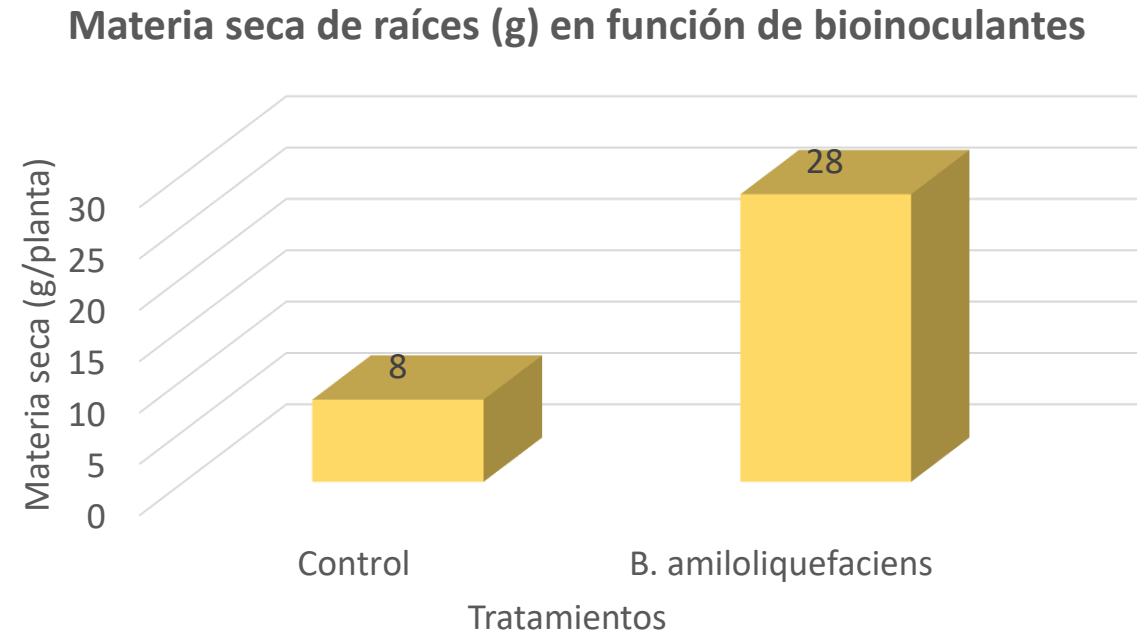
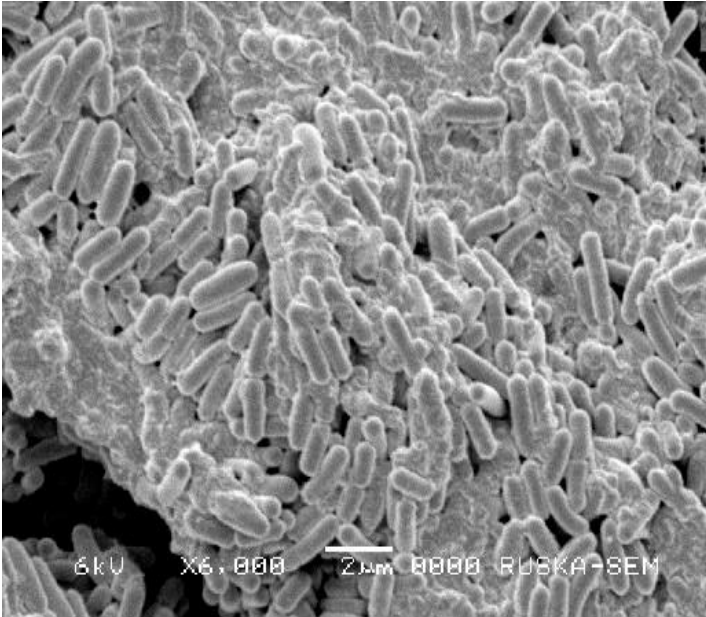


Efecto de bacterias promotoras de crecimiento – capacidad de producción de AIA



Bacillus thuringiensis y Serratia marcescens Productor de AIA. Astrianu, M et al. 2015

Efecto de bacterias promotoras de crecimiento – capacidad de producción de AIA

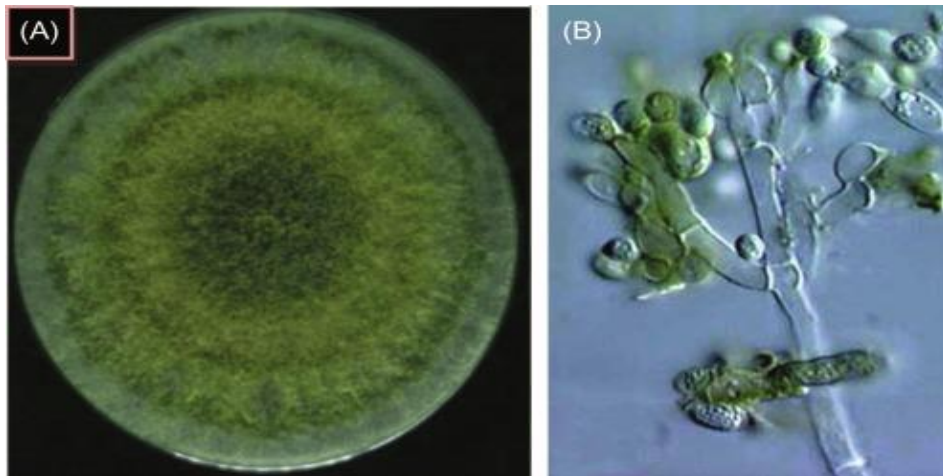


Estimulación de fitohormonas AIA – reducción de 50% de la fertilización. BPC

Impacto de microorganismos promotores de crecimiento



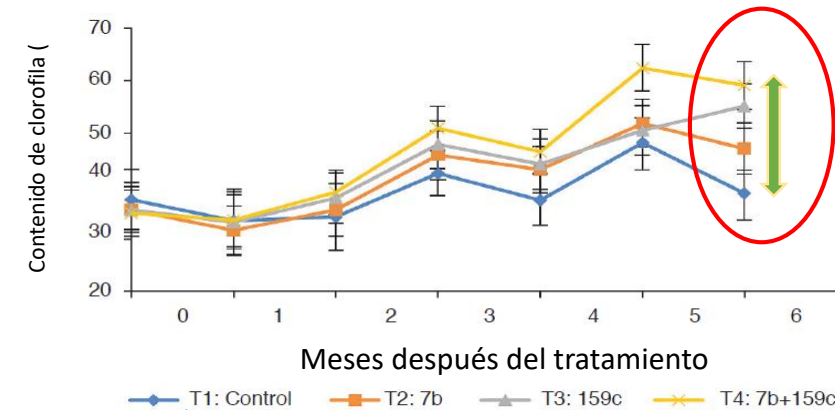
Suelo con abundante materia orgánica y actividad de macroorganismos



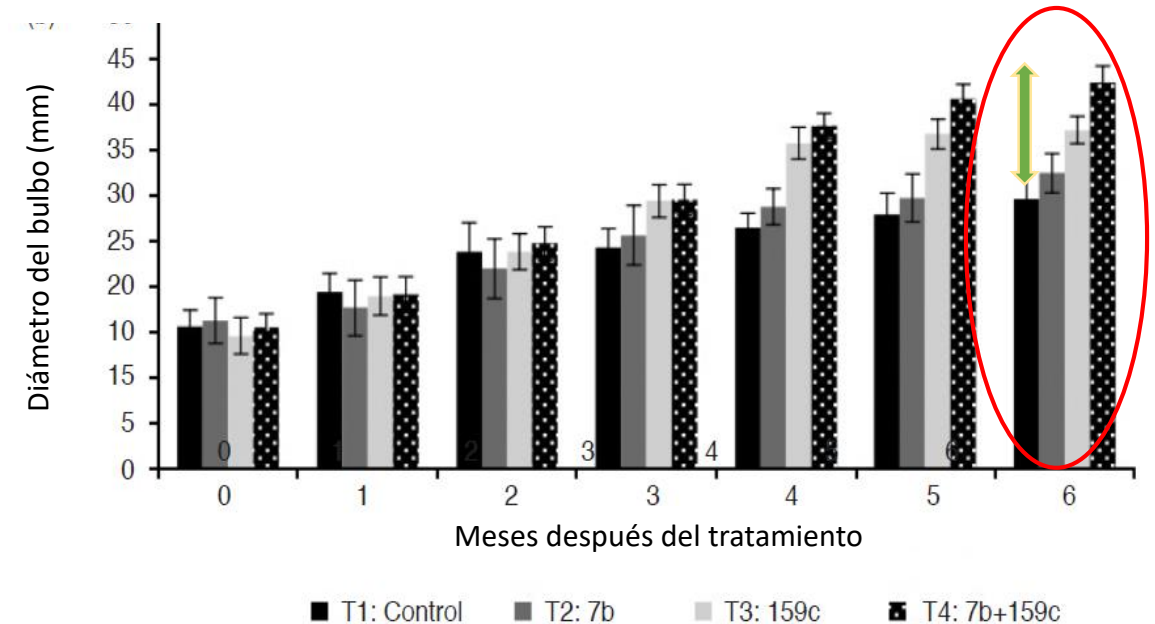
Cultivo y estructuras de *T. virens*.

Trichoderma sp. Habitante de los suelos con cultivos de palma

Impacto de la aplicación de *Trichoderma virens* sobre el contenido de clorofila en vivero



Impacto de la aplicación de *Trichoderma virens* sobre el diámetro del bulbo en vivero

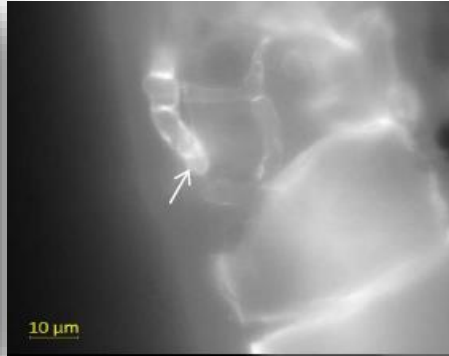


Fuente: Paudzai et al., 2019

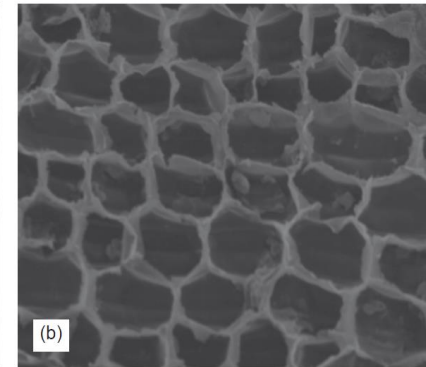
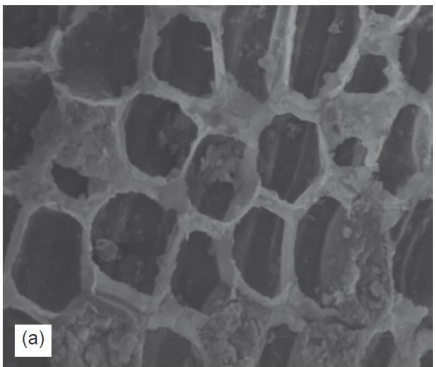
Uso de *Trichoderma virens* como promotor de lignificación de las raíces



Palma con pudrición basal del estípite

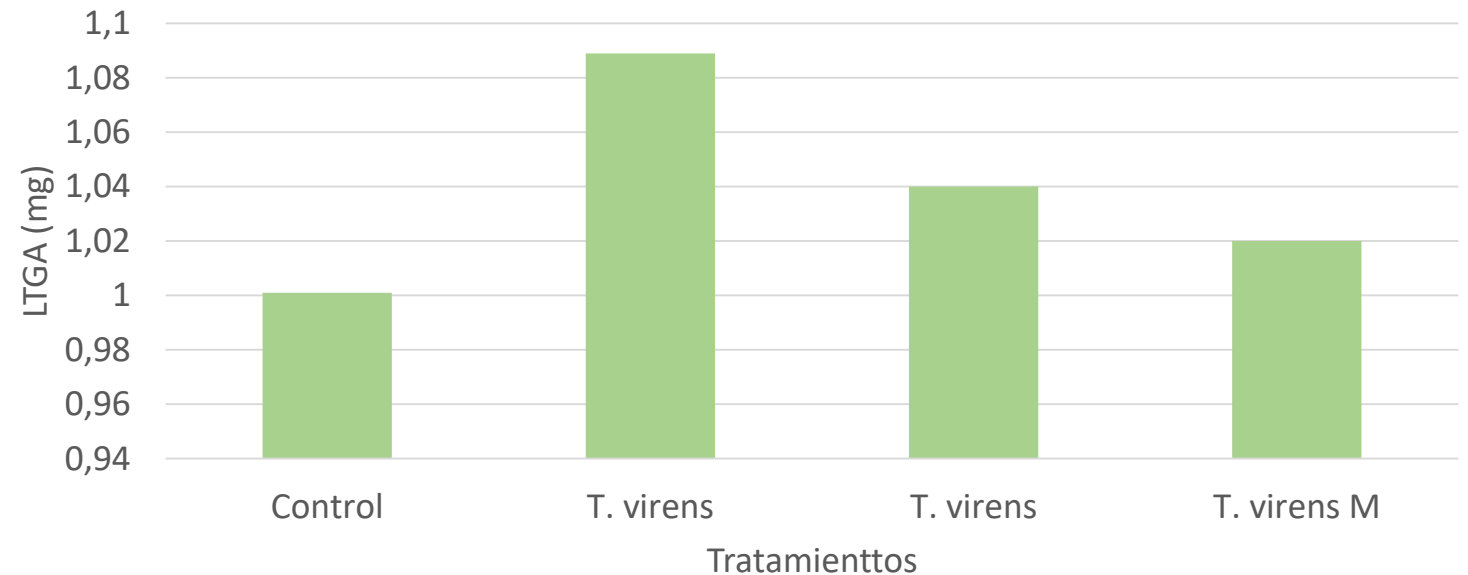


Hifa de ganoderma en raíz de palma (Gorea, E.A. 2016)



Grosor de paredes celulares (a) con y (b) sin tratamiento. (Idris, S., et al. 2014)

Efecto de *T. virens* sobre la lignificación de las raíces de la palma (LTGA (mg))



Lignificación como mecanismo de defensa de las raíces

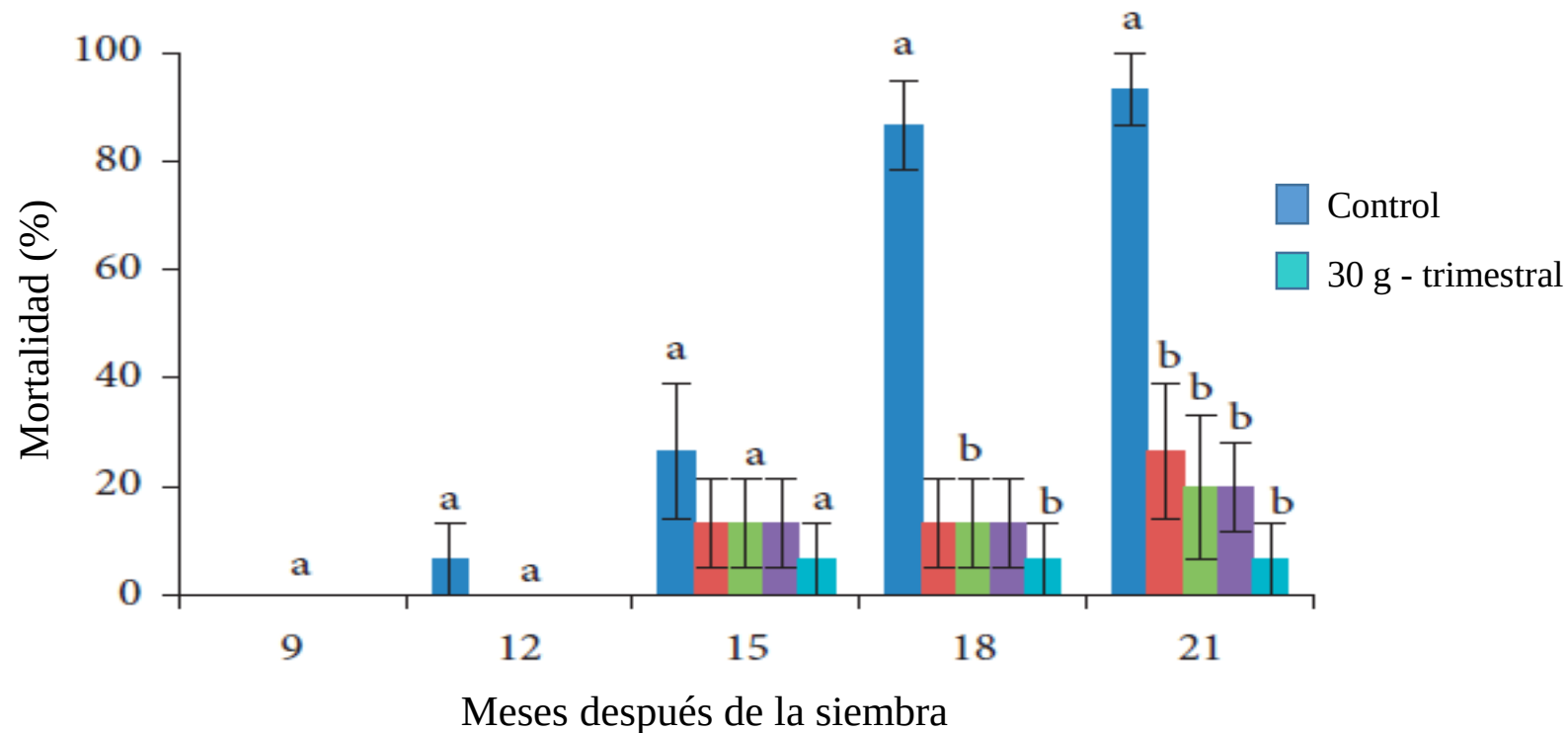
Otras evaluaciones *T. reesei*, *T. asperellum*... 100% de inhibición. (Haryadi, D., et al. 2019)

Impacto de fertilizantes con base orgánica sobre pudriciones basales.



Palma afectada por Ganoderma sp.

Porcentaje de mortalidad por Ganoderma sp. en función de diferentes dosis de fertilizantes con base orgánica



Incremento de 43 de la masa seca de raíces en vivero y reducción del 87% de la mortalidad con respecto al control sin aplicación

Uso de indicadores tempranos de resistencia en las raíces

Palmas con síntomas de Marchitez Vascular



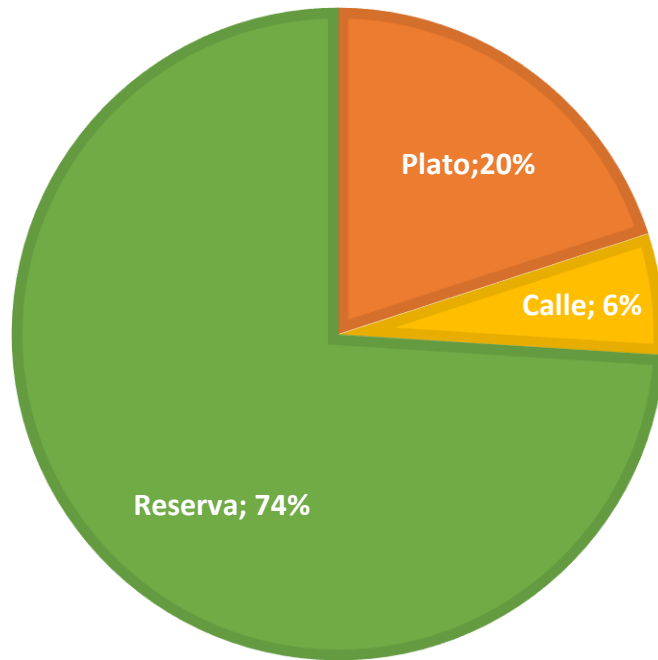
Producción de compuestos fenólicos,
de la familia de los flavonoides en las
raíces para identificación de cultivares
tolerantes

Contenido

1. Introducción
2. Arquitectura y morfología del sistema radical en palma de aceite.
3. Metodologías de evaluación del sistema de raíces.
4. Factores asociados a la dinámica del sistema radical en palma de aceite.
5. Interacciones abióticas, bióticas y su manejo.
- 6. Posibilidades de mejora de la rizosfera.**
7. Comentarios de cierre

¿Hay oportunidad de mejora
de la rizosfera de nuestras
áreas de cultivo con palma de
aceite?

Áreas de reserva al interior de los cultivos



Distribución de áreas al interior del cultivo



Plato



Calle de tráfico



Área de reserva intra cultivo

Áreas para la reserva de: plantas y sus rizosfera, biodiversidad, Macro y microorganismos, Rizobacterias, micorrizas, carbono, salud del suelo.

Contenido

1. Introducción
2. Arquitectura y morfología del sistema radical en palma de aceite.
3. Metodologías de evaluación del sistema de raíces.
4. Factores asociados a la dinámica del sistema radical en palma de aceite.
5. Interacciones abióticas, bióticas y su manejo.
6. Posibilidades de mejora de la rizosfera.
7. Comentarios de cierre

Es tiempo de...



- Conocimiento e indicadores: directos e indirectos
- Mejorar las condiciones que favorecen el desarrollo del sistema radicular.
- Incentivar la biodiversidad con base en lo existente
- Biodiversidad como base de la sostenibilidad
- Áreas de reserva intra cultivo.
- Diferenciación...



Somos Palma, somos Colombia

Gracias

