

Características físico-químicas del suelo y su incidencia en la absorción de nutrimentos, con énfasis en el cultivo de la palma de aceite¹

Physical and chemical characteristics of the soil and their incidence on nutrient uptake with emphasis on oil palm

ERIC JOSE OWEN BARLETTO²

RESUMEN

El análisis físico-químico de los suelos es indispensable para la selección de los lotes para la siembra de palma de aceite y para conocer y entender el efecto de la aplicación de enmiendas y fertilizantes, a través del tiempo, en la producción; este análisis se debe usar como complemento para el diagnóstico de los requerimientos de fertilizantes y cuáles fuentes usar. El déficit hídrico cambia los requerimientos de los nutrimentos de la palma, *especialmente en el K y B*. Las principales propiedades físicas de los suelos que influyen en la producción de la palma de aceite son: pendiente, textura, estructura, consistencia, drenaje, profundidad efectiva, nivel freático e impedimento al crecimiento de la raíz. Todos estos factores controlan la retención de agua y la aireación. La palma de aceite requiere de un nivel óptimo de oxígeno en el suelo. El oxígeno está controlado por el agua en el suelo, ya que su contenido es inverso al del agua. El factor limitante en la producción es la falta de oxígeno y no el exceso de agua. Las propiedades químicas que influyen en la penetración y absorción de los nutrimentos son el pH, la CIC (capacidad de intercambio catiónico) (el contenido

SUMMARY

Physical and chemical soil analyses are essential when selecting fields for oil palm planting. Likewise, an understanding of the effects of applying ameliorators and fertilizers throughout the productive period is critical. Such analyses must be used as a supplement to the diagnosis on fertilizer requirements and sources. Water deficits vary the nutrient requirements of oil palm, especially K and B. The main physical properties of soils affecting oil palm yields are: slope, texture, structure, consistency, drainage, effective depth, water table, and impediments to root growth. All these factors control water retention and aeration. Oil palm requires an optimum level of oxygen in the soil. Oxygen is controlled by the water in the soil, since its content is inversely proportional to the water content. The limiting factor of yield is lack of oxygen rather than excess water. Chemical properties that influence nutrient penetration and uptake are pH, Cationic Exchange Capacity (organic matter and clay content), and type of clay. Furthermore, organic matter influences some of the physical properties, while supplying and making N, P, S and other micronutrients available. The factors that affect the

¹ Contribución del Programa Nacional de Oleaginosas Perennes. ICA, C.I. "La Libertad".

² Ing. Agrónomo, M.Sc. Ph, D., Edafólogo. Programa Nacional de Oleaginosas Perennes, ICA. C.I. "La Libertad". Apartado Aéreo 2011. Villavicencio (Meta), Colombia

de materia orgánica y arcilla) y el tipo de arcilla. Además, la materia orgánica influye sobre algunas propiedades físicas, suministra y hace disponible N,P,S y algunos micronutrientes. Los factores que inciden en la disponibilidad de los nutrientes son: el material parental, la humedad del suelo, el pH y la concentración de los elementos en el suelo. En cuanto al aluminio (Al) la palma tolera un 80% de saturación; este elemento interfiere con la absorción de P, Ca y Mg. Los suelos apropiados para palma de aceite deben tener entre 2-8% de la materia orgánica, lo que equivale a 0,1 y 0,4% de N. Existe interacción entre el N y el S. El contenido de fósforo (P) en el suelo debe ser mayor de 20 ppm (Bray II) y hay interacción con N, K, Cu y Zn. La saturación de bases debe ser mayor del 20% y su distribución óptima en me/100 g es: Ca=0 1,0, Mg=0 0,4 y K= 0,15-0,20. Entre ellos existe interacción. Además, el Ca interactúa con B, Cu, Fe Mn. Se reportan unos niveles críticos para los elementos menores. La continua o alta aplicación de enmiendas fertilizantes induce a las deficiencias de los micronutrientes. En primera aproximación se reportan los niveles críticos en el suelo y la cantidad de fertilizante necesario para aumentar el contenido en el suelo para cada rango. Además se presentan factores de conversión de kg/ha a kg/palma según la edad.

availability of nutrients are: parental material, soil moisture, pH, and element concentration in the soil. Regarding aluminum, oil palm tolerates an 80% saturation; this element interferes with P, Ca and Mg uptake. Suitable soils for oil palm should have 2-8% organic matter, which is equivalent to 0.1 and 0.4% of N. There is an interaction between N and S. The phosphorus content (P) in the soil should exceed 20 ppm (Bray 11) and there is an interaction among N, K, Cu and Zn. Base saturation should exceed 20% and their optimum distribution in me/100g is: Ca = 0.1 Mg + 0.4 and K = 0.15-0.20. There is an interaction among them. Lime interacts with B, Cu, Fe and Mn. Critical levels of minor elements are reported. Steady and high application of ameliorators and fertilizers induce micronutrient deficiencies. The critical level in the soil and the fertilizer amounts required to enhance soil content for each range are initially reported. The conversion factors from kg/ha to kg/tree are presented according to the age.

Palabras claves: Palma de aceite, Suelo, Propiedades fisico-químicas, Absorción.

INTRODUCCION

Al entrar Colombia a la apertura económica, la industria palmera tiene que competir en el mercado mundial, y la única forma es minimizar los costos mientras se optimiza la producción. Esto se logra maximizando el uso eficiente de los fertilizantes con los sistemas de diagnóstico existentes, los cuales son: análisis de suelos, análisis foliar, datos climatológicos y de producción, historia de la fertilización y observaciones personales.

En el cultivo de la palma de aceite, los investigadores no le han dado al estudio de suelos la importancia que se merece. Hacen estudios de suelos para seleccionar los lotes apropiados para el cultivo, pero una vez iniciada la producción de la palma, las recomendaciones para

las dosis de fertilizantes se hacen con base en el contenido de nutrientes en la hoja 17 y no utilizan el análisis de suelos. Después de varios años con diversas fertilizaciones, no se conoce el efecto de la fertilización, la extracción selectiva de nutrientes por la palma y la pérdida de nutrientes por lixiviación en los contenidos de nutrientes en el suelo, y su efecto en el pH y la interacción de ellos en la absorción de los diferentes elementos.

El conocimiento del estado físico-químico de los suelos es sumamente importante para entender las reacciones que se están realizando y cómo ello influye en la deficiencia o exceso de los nutrientes en la hoja 17 y, por ende, en la producción, en la escogencia de los correctivos y fertilizantes y sus fuentes.

En Colombia se estima que hay más de 150.000 hectáreas en palma de aceite y todas y cada una de ellas están sobre un suelo, del cual es necesario conocer las características físico-químicas para manejarlo correctamente.

Aunque no existen niveles críticos de los contenidos de nutrimentos en el suelo, los datos del análisis de suelos se pueden usar para estudiar los incrementos o reducciones de los nutrimentos en la capa superficial y en el subsuelo, a través del tiempo.

El objeto de este trabajo es mostrar la importancia y necesidad de los análisis de suelos para el cultivo de palma de aceite. Además se reportan los niveles críticos encontrados en la literatura internacional, y en primera aproximación se calcula la cantidad de enmiendas y fertilizantes necesarios para elevar el contenido en el suelo al nivel deseado.

CLIMA

El clima afecta mucho la disponibilidad de los nutrimentos, siendo el factor más importante la precipitación, la cual junto con la evapotranspiración determinan el déficit hídrico.

Un suelo puede ser muy fértil, pero si presenta un déficit hídrico muy alto, la producción baja significativamente, ya que el agua es necesaria para la solubilización de los nutrimentos en el suelo (solución del suelo) para su absorción, para la transpiración, la fotosíntesis y, por ende, para la producción. El agua es considerada como un factor (nutrimento) esencial para la producción y está incluida en la ley de los mínimos de Liebig (Buckman y Brady 1976).

Los requerimientos de K y la producción se reducen a medida que se incrementa el déficit hídrico (Olivin 1968). En palmas de 11 a 15 años de edad y sin déficit hídrico, el nivel crítico de la hoja 17 es 1,2%, cuando se aumenta

entre 200-400 mm, el nivel crítico se reduce a 0,90% y entre 700-800 mm, el nivel crítico no debe exceder de 0,50%.

Los micronutrimentos, especialmente el B, presentan deficiencias en la época seca o al inicio de las lluvias, cuando no se encuentran los elementos en solución o cuando hay un crecimiento rápido y no existe la suficiente cantidad de micronutrimentos para sostener el crecimiento (Lucas y Kneezek 1972).

SUELOS

Para facilitar el estudio y organizar las características de suelos, éstas se dividen en físicas y químicas. Las características físicas son más difíciles y costosas de cambiar que las químicas. Por esta razón, es sumamente importante escoger los suelos sin limitantes físicos, ya que los químicos se pueden corregir con menos recursos.

Propiedades físicas y sus influencias en la penetración y absorción de las raíces

Las principales características físicas para tener en cuenta en suelos para palma de aceite, reportados por Forter en al. (1985) y Ng (1972), se presentan en la Tabla 1. A excepción de la pendiente que influye en la escorrentía, la erosión y los costos de transporte, todas las otras propiedades se relacionan con la retención de

Tabla 1. Clasificación de las propiedades físicas que limitan la producción de la palma de aceite

Característica del Suelo	Limitaciones (valor)		
	sin (0)	Menor (1)	Severo (2)
Pendiente(grados)	6	6-12	12
Textura	Franco o más fino	Franco arenoso	Arenoso-franco o Arenoso
Estructura (cepa A)	Mod. Fuerte	Débil	Sin
Consistencia(capa A húmeda)	Friable	Firme	Compacto
Drenaje	Satisfactorio	Imperfecto	Pobre
Profundidad efectiva(cm)	75	40-75	40
Nivel freático (1 m)	1 mes/año	1-3 meses/año	3 meses/año
Impedimento de crecimiento de raíz	40% gravilla de 0-50 cm y sin presencia de capas endurecidas de 0-100 cm	40-75% gravilla de 0-50 cm o capa endurecida entre 50-100 cm	75% gravilla entre 0-50 cm o capa endurecida entre 0-50 cm

la humedad, la aireación y la penetración de la raíz en el suelo. Estos tres factores influyen directamente sobre la absorción de nutrimentos, ya sea en las actividades fisiológicas de las plantas, por el volumen de prospección de las raíces y la actividad microbial. La aireación del suelo es inversa al contenido de agua, ya que ésta desplaza el oxígeno. La condición de suelos saturados o mal aireados influye indirectamente en la planta por el cambio en la composición química del suelo, ya que los nitratos se desnitrifican y se reducen a gas, los sulfatos se reducen a sulfuros tóxicos y se incrementa la concentración de NH^+ , P, Fe, Mn y Mo, mientras se reducen las de Al, K, Na, Ca y Mg.

El factor limitante en la producción es la falta de oxígeno y no el exceso de agua, porque las plantas superiores y los microorganismos del suelo consumen el oxígeno y producen gas carbónico (CO_2) en la respiración aeróbica. Para que las reacciones biológicas se realicen en su máxima expresión, la mayoría de las plantas superiores requieren de un nivel óptimo de oxígeno y un nivel bajo de CO_2 . Si el nivel de oxígeno no es el adecuado, las raíces no se desarrollan correctamente, se reduce el crecimiento, la absorción de agua y nutrimentos y, consecuentemente, la producción.

A continuación se describen las principales características físicas:

Textura - Se refiere a la proporción relativa de los separados del suelo (arena, limo y arcilla) encontrada en una muestra de suelo (material con un diámetro menor de 2 mm). Es una característica muy importante porque es relativamente estable, cambia muy poco con el tiempo e influye en el uso de suelo. Influye principalmente en:

- a.- Movimiento de agua y aire
- b.- Manejo (preparación de suelo, retención de agua, frecuencia de irrigación)
- c.- Fertilización (contenido de Aluminio intercambiable y bases)
- d.- Determinar la génesis del suelo (horizonte argílico)

Las arenas tienen mayor tamaño y por lo tanto una área (superficie) muy baja. Los limos son de menor tamaño que las arenas y tienen más superficie que éstas. Las arcillas son los separados de menor tamaño y por eso son los que tienen mayor superficie. Al incrementarse las arcillas se aumentan el área

superficial, el almacenamiento de agua, el calor de humedecimiento, la plasticidad, la dilatación y encogimiento y la capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Las arenas, por ser más gruesas, tienen menos superficie y retención de agua y por lo tanto hay mayor aireación, conductividad hidráulica, infiltración y penetración de raíces.

La textura influye en la infiltración, así como también en el estado de humedad del suelo, la estructura, la formación de costras y capas impermeables.

Relación entre la textura y la tasa de la infiltración:

Tipo de suelo	Textura	Tasa final de infiltración mm/hr
Arenas	Arenosos y Francoarenosos	20
Arenosos	Arenoso franco, arenoso arcilloso franco arcillo-arenoso, arcillo-arenoso	10-20
Franco	Franco, franco limoso, limoso	5-10
Arcillosos	Arcilloso, franco arcilloso, Arcillo limoso, franco arcillo-limoso	1-5

Estructura - Es la combinación o arreglo de las partículas del suelo en unidades secundarias, llamadas agregados. Es una característica muy importante, porque es relativamente inestable, puede cambiar e influye en el uso del suelo, principalmente en:

- a.- Movimiento del agua y el aire
- b.- Manejo (preparación del suelo, retención de agua, frecuencia de irrigación).
- c.- Distribución de las raíces
- d.- Se usa en la clasificación del suelo

Consistencia - Se refiere a las fuerzas físicas de cohesión y adhesión que actúan dentro del suelo a distintas humedades. Es muy importante porque determina la cantidad de humedad del suelo que permite su preparación sin dañarlo. Un suelo seco puede ser: blando, suave, duro, muy duro o cementado. Un suelo húmedo puede ser: muy friable, viable, poco friable. Y un suelo muy húmedo (por encima de la capacidad de campo) puede ser con relación a la plasticidad: poco plástico, plástico y muy plástico, y en cuanto a la pegajosidad: poco pegajoso, pegajoso y muy pegajoso.

Estas características están controladas por los siguientes factores:

- Cantidad de arcilla
- Tipo de arcilla
- Naturaleza de los cationes intercambiables
- Contenido de la materia orgánica

Drenaje de los suelos - Su importancia radica en la preparación del suelo, en la germinación y el desarrollo de los cultivos. Al preparar suelos encharcados se rompe la estructura, causa encharcamiento y formación de costras.

El drenaje es de dos tipos:

a. Drenaje externo: Remueve las aguas en forma de flujo sobre la superficie del suelo. La erosión está asociada con la escorrentía.

b. Drenaje interno: Es la propiedad del suelo que permite el movimiento del exceso de agua a través del perfil del suelo. Es determinado por la textura, la estructura, la permeabilidad, las capas impermeables en el subsuelo, la altura del nivel freático y el clima.

Determinación del drenaje del suelo:

- Posición topográfica: Escorrentía es función de la pendiente
- Moteado o gley: Condición anaeróbica, fluctuación del nivel freático
- Ausencia visible del nivel freático
- Textura del suelo
- Presencia de capas impermeables "Pans"

Además del contenido de oxígeno, la penetración de las raíces en el suelo está influida por la densidad aparente del suelo. En suelos arenosos, con una densidad aparente de $1,75 \text{ g/cm}^3$ y en suelos arcillosos con densidades aparentes entre $1,46$ y $1,63 \text{ g/cm}^3$ se restringe la penetración de las raíces. El valor del impedimento mecánico que detiene el desarrollo de la raíz es de $1,33 \text{ dg/cm}^2$. Existe una alta interacción entre la aireación y el impedimento mecánico en la elongación de la raíz; a bajas presiones, donde el impedimento es bajo, la concentración del oxígeno determina el desarrollo radicular; las raíces no se elongan en suelos

con alto impedimento a cualquier concentración de oxígeno, y a un nivel de oxígeno dado, la elongación radicular decrece logarítmicamente con el incremento del impedimento mecánico (Bauer et al. 1972).

PROPIEDADES QUIMICAS Y SUS INFLUENCIAS EN LA PENETRACION Y ABSORCION DE LAS RAICES

Reacción del suelo (pH) - El efecto dañino de la alta acidez o bajo pH es debido a efectos secundarios, con excepción de casos extremos, ya que las raíces de las plantas son heridas en una solución ácida de pH 3 (Russell 1969). Los efectos secundarios de la alta acidez en los suelos son los bajos contenidos disponibles de Ca, fosfatos y molibdatos, y el exceso de Al, Mn y Fe soluble; además, puede afectar la resistencia o susceptibilidad de las plantas a una enfermedad y restringe la población microbial.

El efecto dañino de la alta alcalinidad es generalmente debido a la alta alcalinidad en sí, en lugar de los iones hidróxidos. La dificultad de absorber Fe, Mn, B, Zn, Cu y fosfato no es por la incapacidad de la raíz de absorberlas sino que estos nutrimentos están en formas tan insolubles que las raíces no disponen de las cantidades requeridas por la planta. La raíz no puede absorber P a un pH 9 (Russell 1969).

La palma de aceite es susceptible a suelos salinos, la conductividad eléctrica debe ser menor de 1 mmho/cm y es susceptible a suelos sódicos y salino sódicos, tolera únicamente hasta el 7% de saturación de Na (Yin y Baskettanda 1987).

Además del contenido de oxígeno, la penetración de las raíces en el suelo está influida por la densidad aparente del suelo.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC) - La capacidad de intercambio catiónico son las cargas eléctricas negativas de los coloides de suelo formados por la materia orgánica y las arcillas. La CIC es sumamente importante porque determina la capacidad de taponización del suelo y la retención de los cationes (cargas eléctricas positivas), reduciendo la lixiviación de ellos. A mayor contenido de estos componentes habrá más capacidad de intercambio catiónico, o sea un suelo con el 19,70% de materia orgánica tendrá mayor CIC que un suelo con 2,68%, y

un suelo franco tendrá más que un suelo arenoso. Para más claridad, ver Tabla 2.

Tabla 2 Efecto del contenido de materia orgánica y arcillas en la CIC de los suelos palmeros

Sugregión	% M.O	Textura	pH	CICe me/100 g
Colinas Onduladas	2,63	Franco	4,8	4,21
	19,70	Franco	4,8	8,18
Puerto Wilches	2,87	Franco	4,4	4,51
	2,87	Arenoso	4,6	2,73

El tipo de arcilla también influye. La arcilla montmorillonita tiene mayor CIC que la caolinita, y ésta más que la Gibsita. En suelos palmeros predominan las dos últimas arcillas. En los suelos del Departamento del Meta, Muñoz y Owen (1985) determinaron que la materia orgánica contribuye con el 85% de la CIC y la arcilla únicamente con el 15%. Esto muestra la importancia de conservar y aumentar la materia orgánica, lo cual se logra con una buena cobertura de leguminosas rastreras correctamente inoculadas y fertilizadas, haciendo paleras con las hojas podadas y con el retorno de los racimos vacíos (raquis) al campo.

Además la materia orgánica influye sobre:

- Las propiedades físicas
 - .Color del suelo (marrón a negro)
 - .Estimula la granulación
 - .Reduce la plasticidad y cohesión
 - .Incrementa la capacidad de retención de agua
- Suministra y hace disponible los nutrientes:
 - . Cationes fácilmente intercambiables
 - . El N, el P, el S y algunos micronutrientes se encuentran en la materia orgánica
 - . Extracción de nutrientes de los minerales por el ácido húmico (meteorización)

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DISPONIBILIDAD DE LOS NUTRIENTOS

El origen de los materiales influyen en la disponibilidad de los nutrientes, ya que si el material parental no los contiene es imposible que los pueda aportar. Las areniscas son bajas en bases. P y micronutrientes, y altas en Al y Fe. Esta es una de las razones por las cuales los suelos de los Llanos Orientales son de baja fertilidad. Los pizarros son ricos

en K, las calcitas en Ca y las dolomíticas en Ca y Mg. Estas dos últimas son bajas en Al y Fe.

La disponibilidad de agua en el suelo es necesaria para que los nutrientes entren en la solución del suelo, sean absorbidos por las raíces y transportados a los diferentes órganos de la planta. Aunque el suelo sea fértil, si no hay agua, los nutrientes no están disponibles.

El pH del suelo es otro factor que influye mucho en la solubilidad de los nutrientes. La Figura 1 muestra la solubilidad de los principales nutrientes y la actividad microbial de acuerdo con el pH (Buckman y Brady 1976). La disponibilidad del N aparentemente depende de la actividad microbiana y la movilidad de Ca y el Mg. Obsérvese que la disponibilidad del P está restringida a un rango de pH aproximadamente entre 6 y 7. El rango amplio de K y S está en contraste notorio con el P. Además, es evidente que el suelo debe ser ácido (pH 6)

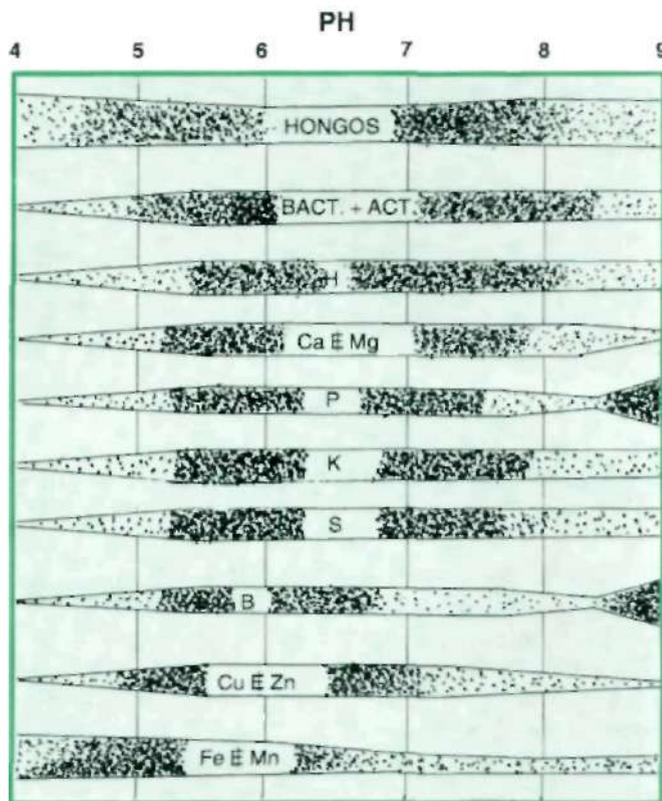


Figura 1. Se observa la relación existente en suelos minerales entre el pH, la actividad de microorganismos y la disponibilidad de nutrientes a la planta. El ancho de la banda y el grado de sombra indican las zonas de mayor actividad microbiana y la disponibilidad inmediata de nutrientes

Fuente: Buckman y Brady. 1976.

para que los micronutrientos estén disponibles. En suelos palmeros se reportan los siguientes ejemplos (Tabla 3).

La mayor concentración de cada nutriente en sí aumenta la disponibilidad de ello para la palma e interfiere con la disponibilidad de otros.

Aluminio - La palma de aceite, según Ollagnier et al. (1987), tolera una saturación de Al (hasta 80%). El alto contenido de Al interfiere con la absorción de Mg y P.

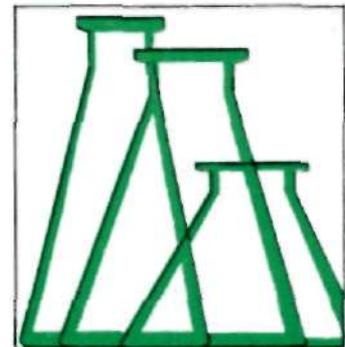
Nitrógeno - La palma, según Tanque (1982), requiere suelos con un contenido de N entre 0,1 y 0,4%, o sea con un contenido de materia orgánica del 2 al 8%. El exceso de N induce a la deficiencia de azufre.

Tabla 3 Efecto del pH en el contenido de nutrientes en varias subregiones palmeras de Colombia

Subregión	pH	Textura	% M.O	ppm P BII	Al	me/100g			
						Ca	Mg	K	CIC
Serranía Perijá	5,3	Franco	1,50	76	—	4,36	1,66	0,84	7,24
	7,4	Franco	1,50	76	—	5,85	2,12	0,58	9,21
	7,7	Franco	1,50	100	—	8,37	3,15	0,62	12,74
San Alberto	6,6	Franco	1,69	11	—	8,20	1,67	0,07	9,95
	6,8	Franco	1,69	14	—	7,14	2,86	0,20	10,28
Pto. Wilches	4,6	Arenoso	2,87	6	2,2	0,29	0,15	0,08	2,73
	5,2	Arenoso	2,87	13	1,0	0,70	0,53	1,14	3,38
Pto. Wilches	4,5	Franco	2,87	3	3,5	0,21	0,04	0,04	3,80
	4,8	Franco	2,87	4	3,0	1,17	0,91	0,19	5,88
Terraza Baja	4,8	Franco	1,69	5	2,0	1,58	0,44	0,18	4,21
	5,0	Franco	1,69	7	1,8	1,85	0,27	0,11	4,43
Terraza Baja	4,8	Franco	3,10	3	1,9	1,41	0,24	0,1	3,78
	5,3	Franco	3,10	5	1,0	2,60	0,49	0,11	4,21
Aluv. El Mira	5,5	Franco	6,73	62	—	4,45	0,84	0,16	5,55
	5,6	Franco	6,73	15	—	9,30	2,51	0,18	12,05

SERVICIO DE LABORATORIO ANÁLISIS

Usted y su cultivo ocupan un importante puesto en Coljap S.A., por esta razón desde hace 20 años mediante actualización de tecnologías, modernización de equipos y la asesoría de personal calificado, se ocupa de que obtenga los mejores resultados ofreciendo la siguiente gama de análisis.



✓ **Laboratorio de Suelo y Foliar.**
Aguas para riego.
Foliar Completo.
Suelos.
Suelo invernadero.

✓ **Laboratorio Fitopatológico.**
Análisis fitopatológico.
Análisis bacteriológico.
Análisis bromatológico.

✓ **Laboratorio de Control de Calidad:**
Determinación de Nitrógeno total, Fósforo, Potasio, Nitrógeno amoniacal y Boro.
Determinación de Calcio, Magnesio, Cobre, Hierro, Manganeso, Zinc y Sodio.
Determinación de densidad, pH, Solubilidad, Humedad, Cenizas, Acidez y Granulometría.



COLJAP

Santafé de Bogotá, D.C. Planta y Oficinas
Calle 12B No. 44 - 77
comutador: 268 3288 - A.A. 16986
Fax: 268 5538

COLJAP. INDUSTRIA AGROQUIMICA S.A.

COLJAP S.A. Industria Agroquímica S.A., pone a su disposición los Laboratorios de Análisis, con el ánimo de participar en el desarrollo del agro colombiano.

Fósforo - Según Ataca (1978), se considera como contenido bajo en el suelo menos de 10 ppm de P (Bray II), medio entre 10-20 ppm y alto más de 20 ppm. El exceso de P interfiere como la absorción de N, K, Cu y Zn.

Bases - Según Ollagnier et al. (1987), la saturación de bases debe ser mayor del 20%. La distribución óptima es la siguiente: Ca 1 me/100 g (Pacheco et al. 1985), Mg 0,4 me/100 g (Russell 1969), y K más de 0,15 me/100 g (Quendez de Taffin 1981; Tanque 1982). Es necesario mantener un equilibrio entre las bases, ya que el exceso de una produce una deficiencia de las otras. Además, el exceso de Ca induce a una deficiencia de B, Cu, Fe, Mn.

Tabla 4. Niveles críticos de micronutrientes en el suelo

Micronutriente	suelo (ppm)	
	Minerales	orgánicos
Boro (Lora 1990)	0,20*	--
Boro (Martin 1969)	0,30	--
Zinc (Lora 1990)	1,50*	--
Zinc (Kanapathy 1980)	--	0,30
Cobre (Lora 1990)	1,00*	--
Cobre (Kanapathy 1980)	--	1,50
Manganeso (Lora 1990)	5,00*	--
Hierro (Lora 1990)	20,00*	--

* Nivel general para los cultivos determinado por el método Hunter

Micronutrientes - Los requerimientos de estos elementos en el suelo no están bien estudiados. En la Tabla 4 se reportan algunos niveles críticos de varios autores.

La continua alta aplicación de enmiendas y fertilizantes (Ca, N, P, K, Mg) induce a las deficiencias de B, Mn, Zn, Cu y Fe. Además, el exceso de un micronutriente puede inducir a la deficiencia de otro.

Primera aproximación de los niveles críticos de los principales elementos del suelo y la cantidad requerida para cambiar su contenido. En la Tabla 5 se encuentran algunos niveles críticos del suelo encontrados en la literatura internacional y algunos determinados en el país. Cada rango tiene la correspondiente cantidad de enmiendas o fertilizantes que se requiere. Estos últimos se han obtenido con base en el cálculo matemático. Estos niveles críticos se complementan con la Tabla 6 que reporta, según, la edad de la palma, el radio de aplicación, el área/palma, los metros cuadrados fertilizados/ha y el factor de conversión de kg/ha a kg/palma.

Tabla 5. Primera aproximación: cantidad de enmiendas y fertilizantes para elevar el contenido del suelo a los niveles deseados.

Limitaciones	Sat Al	CaI kg/ha		
Sin	65	200		
Menor	65-80	750		
Severo	80	1.000		
	ppm	Kg/ha	ppm	kg/ha
	P Bray II	P ₂ O ₅	B	B ₂ O ₃
Sin	20	25-10	0,50	0,70
Menor	10-20	50-25	0,30-0,50	1,3-0,7
Severo	5-10	70-50	0,10-0,30	2,6-1,3
	me/100 g	kg/ha	me/100 g	kg/ha
	K	K ₂ O	Mg	MgO
Sin	0,30	60	0,60	40
Menor	0,15-0,30	120-60	0,40-0,60	80-40
Severo	0,05-0,15	240-120	0,10-0,40	200-80

Tabla 6. Factor para convertir dosis en kg/ha a Kg/palma según la edad

Edad (años)	Radio de Aplicación	m ² / palm/	m ² fert. /ha	kg/palma Factor de conversi
0-1	0,5-1,0	2,35	336	0,00024
1-2	1,5-2,5	12,50	1.786	0,00125
2-3	1,5-3,0	21,20	3.032	0,00212
3-4	1,5-4,0	43,20	6.178	0,00432
4-5	1,5-4,0	43,20	6.178	0,00432
5	--	69,90	10.000	0,00699

CONCLUSIONES

-Los análisis físico-químicos de los suelos palmeros son indispensables para conocer el estado actual del suelo.

-La disponibilidad de los nutrientes está en función del clima, del suelo y la palma en sí.

-Las propiedades físicas que más inciden en la palma de aceite son: pendiente, textura, estructura, consistencia, drenaje, profundidad efectiva (nivel freático) y capas endurecidas. Todas estas propiedades afectan la humedad del suelo y su aireación.

-Las plantas y los micro-organismos del suelo requieren de una aireación óptima. Existe una relación inversa entre la aireación y la humedad del suelo.

-Las propiedades químicas que influyen en la penetración y absorción de las raíces son: pH, porcentaje de materia orgánica y la CIC (cationes disponibles).

-Los principales factores del suelo que influyen en la disponibilidad de los nutrientes son: material parental, contenido de agua, pH y contenido de los elementos. 

BIBLIOGRAFIA

- ATAGA, D.O 1978. Soil phosphorus status and responses of oil palm to phosphorus on some acid soils. *Journal of the Nigerian Institute for Oil Palm Research (Nigeria)* v.5, p. 25-36.
- BAUER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. 1972. *Soil Physics*. John Wiley, New York. 499p.
- BUCKMAN, H.O.; BRADY, N.C. 1976. *The nature and properties of soils*. MacMillan Co., New York. 568p.
- FOSTER, H.L.; DOLMAT, M.T.H.; ZAKARIA, Z.Z. 1985. Oil palm yields in the absence of N and K fertilizers in different environments in peninsular Malaysia. *PORIM Occasional Paper No 5 (Malasia)*, 19p.
- KANAPATHY, K. 1980. Progress in research and utilization of peat soil in Malaysia. *In: Proceedings. Soil Science and Agriculture Development in Malaysia*. Malaysian Society of Soil Science. Kuala Lumpur. p.109-118
- LORA, R. 1990. Análisis de suelos y material vegetal para micronutrientos. *Suelos Ecuatoriales (Colombia)* v.20 no.3, p.99-103.
- LUCAS, R.E.; KNEEZAK, B.D. 1972. Climatic and soil conditions promoting micronutrient deficiencies in plants. *In: J.J. Mortvedt. (Ed.), Micronutrients in Agriculture*. Soil Science Society of America, Madison, Wis. p. 265-288.
- MARTIN, G. 1969. Quelques symptomes de carence en Bore en clier la palmiers a huile. *Oleagineux (Francia)* v.24, p. 613-614.
- MUÑOZ, J.; OWEN, E.J. 1985. Efecto del enclamiento en 35 suelos del Departamento del Meta. II. En la contribución de la materia orgánica y arcilla a las capacidades de intercambio catiónico. Reunión Latinoamericana de la Ciencia del Suelo, 9a, Cali.
- NG, S.K. 1972. *The oil palm: its culture, manuring and utilisation*. International Potash Institute, Beme. 145p.
- OLLAGNIER, M.; DANIEL, C.; FALLAVIER, P.; OCHS, R. 1987. *The influence of climate and soil on potassium critical level in oil palm leaf analysis*. *Oleagineux (Francia)* v. 42 no. 12, p. 435-449.
- OLIVIN, J. 1968. Etude pour la localisation d'un bloc industriel palmiers a l'huile. *Oleagineux (Francia)* v. 23 nos. 8-9, p. 49-54
- PACHECO, A.R.; TAILLIEZ, B.J.; ROCHA DE SOUZA, R.L.; DE LIMA, E.J. 1985. *Mineral deficiencies of oil palm (E. guineensis Jacq.) in the Belem (Para) region (Brasil)*. *Oleagineux (Francia)* v.40 no.6, p.298-309.
- QUENDEZ, P.; DE TAFFIN, G. 1981. Relation entre la nutrition potassique et la pluviometrie en culture de palmiers a huile et cocotiers. *Oleagineux (Francia)* v.36 no.1, p.5
- RUSSELL, E.W. 1969. *Soil condition and plant growth*. John Wiley, New York. 689p.
- TANQUE, M. 1982. Studies of the characteristics of some soils under oil palm in Sabah. Department of Agriculture, Sabah, Malaysia. 99p. (Technical Bulletin no 5).
- YIN, T.P.; BASKETTANDA, J.P.C. 1987. Reclamation of mangrove swamps for oil palm cultivation. *In: International Oil Palm/Palm Oil Conference. Progress and Prospects. PORIM and ISP, Kuala Lumpur. T:36, p. 18.*



ingeniería & mercadeo

DIVISION SISTEMAS TERMICOS

- Calderas combinadas para quemar residuos del proceso de la palma africana
- Hornos acuatubulares acoplables a calderas piro-tubulares
- Ciclones para atrapar partículas volantes en los gases de chimenea
- Intercambiadores de calor
- Proyectos llave en mano

DIVISION AUTOMATIZACION

- Automatas programables
- Automatización de procesos (autoclaves, digestores, tanques, etc)
- Controladores de proceso (temperatura, presión, flujo, nivel)
- Variadores electrónicos de velocidad
- Arrancadores progresivos para motores
- Monitoreo y adquisición de datos por computador
- Cofres metálicos protección IP 54
- Proyectos eléctricos llave en mano (tableros, centros de control de motores, etc)
- Cursos para manejo de P.L.C.

**Representantes de Telemecanique,
Desin, Chromalox, NAO.**

Trans. 39B No. 18 - 46 Tel: 2447702 2443461 Fax: 2688601
Bogotá Colombia