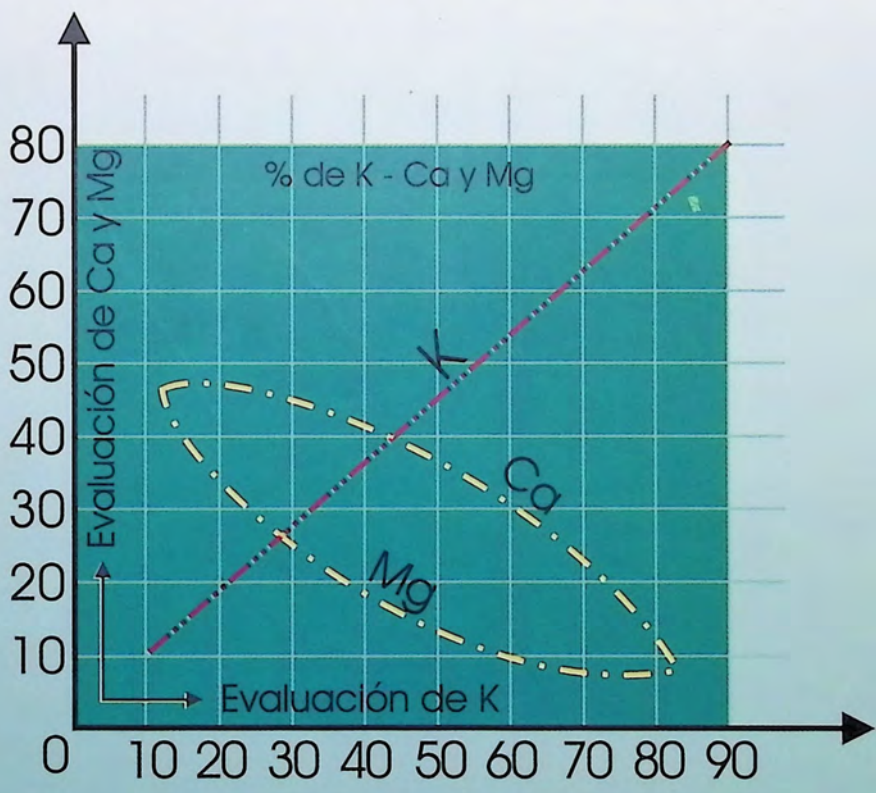


ELIECER CANCHANO N.

NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN EN PALMA DE ACEITE



NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN EN PALMA DE ACEITE

ELIÉCER CANCHANO NIEBLES

INGENIERO AGRÓNOMO



FONDO EDITORIAL DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

Eliécer Canchano Niebles
Nutrición y fertilización en palma de aceite

© Eliécer Canchano Niebles
© Fondo Editorial Universidad del Magdalena

Santa Marta, Colombia

ISBN: 958-97023-6-8

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

Carlos Eduardo Caicedo Omar
Rector

José Manuel Pacheco Ricaurte
Vicerrector Académico

Denise Rangel Lozano
Vicerrectora Administrativa y Financiera

Anselmo Rafael Marín Perea
Decano Facultad de Ingeniería de Recursos Naturales

Favio Silva Vallejo
Director Fondo Editorial

Miembro de la Asociación Colombiana
de Editoriales Universitarias

Queda totalmente prohibida la reproducción total o en parte de esta obra sin el previo consentimiento de su autor.

Diseño Carátula
Luis Fernando Escobar Restrepo

Preprensa e impresión
Gente Nueva Editorial
Bogotá, D.C

PRIMERA EDICIÓN
Noviembre de 2002

*Dedico este trabajo a mi esposa Marina
y a mi hijo Juanguillermo
a quienes amo con toda mi vida.*

El Autor

CONTENIDO

*El autor quiere reconocer el apoyo
que para publicar esta obra dio
la Universidad del Magdalena,
por ello agradece a todas sus directivas.*

*Se da cumplimiento
con el Decreto 1444 Artículo N° 5*

El autor

PARTI 1

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DE LA PALMA DE ACEITE

PARTI 2

EL SISTEMA RAIZADO DE LA PALMA DE ACEITE

EL SISTEMA RAIZADO DE LA PALMA DE ACEITE	3
FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO DE LAS RAÍCES DE LA PALMA DE ACEITE	11

PARTI 3

REQUERIMIENTO NUTRICIONAL DE LA PALMA DE ACEITE

PRINCIPALES ELEMENTOS NUTRICIONALES DEL PALMERO	
EN LA NUTRIÓN DE LA PALMA DE ACEITE	13
EL NITRÓGENO (N) EN EL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE	18
EL NITRÓGENO EN EL SUELO	21
EL POTASIO DEL SUELO (K)	29
EL FOSFORO EN LOS SUELOS	37
EL CALCIO EN LOS SUELOS DEL PALMERO	42
EL MAGNESIO (Mg) EN EL CULTIVO DE PALMA	46
EL AZUFRE EN SUELOS PALMEROS	49
EL ZINC EN LOS SUELOS PALMEROS	53
EL BORO EN SUELOS PALMEROS	55
EL COBRE EN SUELOS PALMEROS	60
EL HIERRO EN SUELOS PALMEROS	63

CONTENIDO

PARTE 1

FACTORES QUE INCIDEN EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LA PALMA DE ACEITE

1

PARTE 2

EL SISTEMA RADICULAR DE LA PALMA DE ACEITE

7

EL PERFIL RADICULAR Y EL ÁREA DE ALIMENTACIÓN EN PALMA DE ACEITE

8

FACTORES QUE INCIDEN EN EL BUEN DESARROLLO DE LAS RAICES DE LA PALMA DE ACEITE

11

PARTE 3

REQUERIMIENTO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE

18

PRINCIPALES ELEMENTOS MINERALES QUE PARTICIPAN EN LA NUTRICIÓN DE LA PALMA DE ACEITE

18

EL NITRÓGENO (N) EN EL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE

19

EL NITRÓGENO EN EL SUELO

21

EL POTASIO DEL SUELO (K)

29

EL FÓSFORO EN LOS SUELOS

37

EL CALCIO EN LOS SUELOS BAJO PALMA

42

EL MAGNESIO (MG) EN EL CULTIVO DE PALMA

46

EL AZUFRE EN SUELOS PALMEROS

49

EL ZINC EN LOS SUELOS PALMEROS

53

EL BORO EN SUELOS PALMEROS

56

EL COBRE EN SUELOS PALMEROS

60

EL HIERRO EN SUELOS PALMEROS

63

EL MANGANESO EN PALMA DE ACEITE	66
EL MOLIBDENO EN PALMA DE ACEITE	69
EL CLORO (Cl)	72
EL SODIO (Na)	74

PARTE 4

EL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE Y SU REQUERIMIENTO DE SUELOS	77
--	----

CLASIFICACIÓN POR APITUD DE LOS SUELOS PARA EL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE	78
--	----

PARTE 5

EL ANÁLISIS DE SUELOS EN EL DIAGNÓSTICO DE NUTRICIÓN EN PALMA DE ACEITE	91
--	----

EL MUESTREO DE LOS SUELOS BAJO PALMA DE ACEITE	92
INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS DE SUELO	94
EL CÁLCULO DE LOS FERTILIZANTES COMERCIALES	104

PARTE 6

EL ANÁLISIS FOLIAR. DIAGNÓSTICO E INTERPRETACIÓN	108
--	-----

LOS NIVELES CRÍTICOS A NIVEL FOLIAR	109
RELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO DE NUTRIENTES Y EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE LAS PLANTAS	115
INTERACCIÓN Y ANTAGONISMO ENTRE LOS NUTRIENTES A NIVEL FOLIAR Y DE SUELO	116
EL MUESTREO FOLIAR EN PALMA DE ACEITE	122
ELEMENTOS ANALIZADOS EN LAS MUESTRAS FOLIARES	124
FACTORES QUE AFECTAN EL CONTENIDO DE LOS NUTRIENTES EN PALMA DE ACEITE	125
LA EXPLORACIÓN DEL SISTEMA RADICULAR Y SU RELACIÓN CON LOS ANÁLISIS DE SUELO Y FOLIARES EN PALMA DE ACEITE	127
CÁLCULO PARA LOS FERTILIZANTES COMERCIALES A USAR	139

PARTE 7

ÉTAPAS EN LA FERTILIZACIÓN DE PALMA DE ACEITE	141
---	-----

FERTILIZACIÓN EN VIVEROS	143
--------------------------	-----

EL ÓPTIMO APROVECHAMIENTO DE LOS FERTILIZANTES EN EL SUELO	145
LA FERTILIZACIÓN DE PALMA DE ACEITE EN LA COSTA NORTE COLOMBIANA	146
EL MANEJO DE LOS FERTILIZANTES EN EL CAMPO	154

PARTE 8

EL ÍNDICE DE BALANCE	159
----------------------	-----

CÁLCULOS PARA SUELOS	162
----------------------	-----

INTERPRETACIÓN DE LAS GRÁFICAS	169
--------------------------------	-----

PARTE 9

LA NUTRICIÓN EN PLANTACIONES ORGÁNICAS	172
--	-----

MATERIALES ORGÁNICOS	172
----------------------	-----

ELEMENTOS SIMPLES GENERADOS POR LA DESCOMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LOS SUELOS	175
---	-----

CÓMO INFLUYE LA MATERIA ORGÁNICA SOBRE LAS PALMAS	175
---	-----

CARACTERÍSTICAS DEL ABONO ORGÁNICO	175
------------------------------------	-----

EL MANEJO DE LOS SUELOS BAJO EXPLOTACIÓN DE PALMA DE ACEITE ORGÁNICA	178
--	-----

LOS TIPOS DE FERTILIZANTES	187
----------------------------	-----

EL CICLO DE LOS NUTRIENTES EN SUELOS BAJO PALMA DE ACEITE	192
---	-----

APÉNDICE	195
----------	-----

APÉNDICE 1. EFECTO QUE EJERCE EL <i>STRESS</i> SOBRE EL CICLO DE PRODUCCIÓN DE FRUTA EN PALMA DE ACEITE	195
--	-----

APÉNDICE 2. CÁLCULO DE LA ENMIENDA PARA CORREGIR SUELOS AFECTADOS POR SODIO (P.S.I > 7.0)	196
--	-----

APÉNDICE 3. MANEJO DE LOS SUELOS SALINOS	198
--	-----

APÉNDICE 4. CÁLCULO DE LA MASA FOLIAR SECA EN PALMA DE ACEITE	199
---	-----

APÉNDICE 5. MANEJO DE LOS SUELOS ÁCIDOS	202
---	-----

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	203
-------------------------	-----

INTRODUCCIÓN

Son muchas las hectáreas explotadas en la actualidad con el cultivo de palma de aceite en la costa norte colombiana y por ello amerita toda la disposición y energía de los técnicos y lo que puedan poner de su parte para mantener y/o mejorar las producciones actuales.

Uno de los aportes, posiblemente más importantes en el manejo de las plantaciones de palma de aceite, es sin lugar a dudas la nutrición y basta con observar en cualquier planificación que es la variable más costosa de todas las que intervienen en el proceso de producción de fruta. Pero la producción y al final la cosecha no solo dependerá de esta variable, sino que tenemos que integrarla con las demás, como son riego y drenaje, control sanitario, podas, cosecha, etc. Por ello, cuando tratamos la nutrición, no podemos manejarla como una variable aislada y simple sino por el contrario, como un factor complejo integrante de la producción.

En muchos casos encontramos plantaciones manejadas con el concepto de que *palma de aceite es un cultivo rústico, poco exigente y adaptable a cualquier condición de suelo*. Lo anterior es totalmente falso y aún más si lo aplicamos a los nuevos materiales que están saliendo desde las estaciones y laboratorios de genética. Palma de aceite es un cultivo de los más exigentes en suelo, manejo, nutrición y muy especialmente en lo que se refiere a micronutrientes.

Entonces, cualquier conocimiento que tengamos sobre este tema será y seguirá siendo importante e interesante para los profesionales que de una u otra manera tienen que ver con el manejo de este cultivo en la costa norte colombiana y en el mundo.

Se ha hecho hincapié en las plantaciones de la costa norte colombiana, debido a que son las áreas ubicadas en nuestra zona de influencia profe-

sional y en las que hemos realizado trabajos de investigación, no solo como investigación personal, sino también como investigación institucional a través de tesis de grado en estudiantes de ingeniería agronómica de la Universidad del Magdalena.

Esperamos que esta información aquí consignada, que en muchos casos es ya bien conocida, tenga su importancia y sea útil al profesional del agro, al palmicultor y al técnico que a diario tiene que ver con el manejo de todas las variables que intervienen en el proceso de producción de la fruta en palma de aceite.

El autor

PARTE 1

FACTORES QUE INCIDEN EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LA PALMA DE ACEITE

Son tres los factores que intervienen en el comportamiento productivo de palma de aceite integrado cada uno por subfactores o subgrupos, estos son:

- El factor intrínseco o factor propio, interno de la palma de aceite
- El factor medio ambiente o factor externo
- Factor biótico o microflora y microfauna del suelo

El factor intrínseco o factor interno de la palma de aceite, es un grupo de subfactores que están relacionados con el material genético usado en la plantación, ya sea variedad, línea, híbrido, clones, etc, por ejemplo: Palma Costa Rica, Palma ICA, Deli x Avros, etc.

El factor medio ambiente o factor externo (edafoclimático), está configurado por una serie de subfactores y está relacionado por una parte con el medio ambiente climático reinante (precipitación, temperatura ambiental, luz solar, brillo solar, vientos, humedad relativa, etc.), por otra parte se relaciona con el tipo de suelo y sus características geomorfológicas reinantes en la región (textura, profundidad efectiva, grado de fertilidad, salinidad, sodicidad, compactación, etc).

El tercer factor está relacionado con los agentes bióticos y lo configuran un grupo de subfactores que pueden ser benéficos o perjudiciales a la plantación y pueden hacer parte del suelo o del medio atmosférico de la plantación.

El aspecto o factor genético es de gran importancia en palma de aceite y aún se sigue trabajando en esta variable para obtener materiales de mejores calidades. Existen en el mundo materiales adaptados para ciertas zonas y condiciones ambientales de producción excelente y muy buena calidad.

Los materiales que existen actualmente en Colombia y en especial en la Costa Norte, son de muy buenas características, aunque en la actualidad se trabaja con miras a sacar materiales resistentes a algunas enfermedades y altas producciones.

En realidad el factor genético no es un limitante para la producción y calidad en palma de aceite, ya que cada material posee sus características de producción y comportamiento, más bien la producción se encuentra limitada por los factores externos existentes en la plantación, los cuales no son por lo general constante y algunos incontrolables, por su misma naturaleza y procedencia, así como por ejemplo los vientos y sequías.

Muchos ejemplos de factores internos se conocen, por ejemplo: el material Deli x Avros, requiere temperaturas entre los 20° y 34° C, 2.500 horas luz/año y un déficit hídrico anual inferior a 100 mm. Bajo estas condiciones se debe esperar que en el cuarto año nos genere 30 toneladas. El material Deli x Ekona ha demostrado una resistencia buena a marchitez por fusarium y además es resistente a regiones con condiciones de tres a cuatro meses secos y fríos. El material Ghana (Calabar), es bueno en regiones de baja radiación solar y estaciones secas bien definidas de tres a cuatro meses. De la misma manera existen otros materiales que poseen condiciones genéticas muy bien definidas y que los caracterizan.

Los factores externos son los que más influyen en los rendimientos y calidad en palma de aceite, por ejemplo: si se considera una zona con un buen riego, se deben esperar mejores producciones que en otra en donde el riego sea marginal o muy restringido. De la misma manera, si tenemos una zona con pocas horas de brillo solar, comparada con otra zona de brillo solar largo, en la primera esta variable se traduce en baja producción. Por otra parte si tenemos suelos con poca profundidad efectiva o suelos muy pesados, con arcillas plásticas y pegajosas (más del 50% de arcillas), las producciones se verán afectadas por este factor (por falta de oxígeno en el sistema radicular) y serán bajas si las comparamos con plantaciones ubicadas en suelos profundos y medianos.

Es muy común que el agricultor exija una buena producción en aquellos lotes o zonas que presentan factores externos desfavorables para la palma de aceite y compara sus rendimientos con zonas o lotes en donde estos factores son totalmente diferentes. Por lo anterior se debe tener muy en cuenta que los rendimientos en palma de aceite son más un producto de la

incidencia de los factores externos que del mismo manejo agronómico que se le da al cultivo, sin decir que este manejo no sea de gran importancia. Es de la misma manera importante conocer que el manejo agronómico que se le dé al cultivo, medio de todas las prácticas agronómicas y culturales a realizar y a su debido tiempo, inciden directamente en los altos rendimientos y aspectos generales de la palma de aceite. Dentro del grupo de prácticas agronómicas podemos mencionar como las más relevantes las siguientes: la densidad de siembra, el control de malezas, la cobertura usada, los riegos y drenajes, el control de plagas y enfermedades y el manejo de la fertilización, entre otras.

El factor fertilización y su manejo es de gran importancia en el cultivo de la palma de aceite, debido a que es un cultivo que genera grandes producciones de fruta y gran cantidad de biomasa anualmente, para ello requiere de la asimilación de gran cantidad de nutrientes, macro y micros, los cuales deben ser restituidos al suelo para poder mantener la alta eficiencia de la plantación.

Si analizamos el crecimiento y el total crecimiento de la palma, podemos observar que todo ello es el resultado de un complejo mecanismo natural de tipo fisiológico (fotosíntesis-respiración) y que por medio del cual se vienen a generar las proteínas, los carbohidratos y otros productos que al final son los encargados de producir los racimos de frutos y el volumen de aceite en la palma. Debemos entender que una buena fertilización, adecuada y bien balanceada es la responsable de que este proceso se genere en forma correcta.

Analizando todo lo expuesto en los párrafos anteriores, podemos asegurar que la fertilización mineral en palma de aceite juega un papel preponderante y que por medio de esta sencilla práctica se puede lograr una adecuada nutrición, la cual viene a contribuir en las plantaciones en dos aspectos básicos: grandes producciones y la calidad del fruto, variables indispensables en la explotación comercial de este cultivo.

En el cultivo de palma de aceite en muchas regiones del mundo y en especial en Malasia, se han realizado diversas investigaciones, todas encaminadas a determinar los niveles críticos de cada uno de los nutrientes indispensables en la producción y el buen desarrollo de las plantaciones. La extrapolación de aquella información, ha sido la base para organizar las investigaciones y programas de nutrición en nuestras plantaciones, pero el

querer aplicarlas en forma exacta e inmodificable ha generado problemas, ya que las condiciones de los medios externos son muy diferentes, por ello se requiere de investigaciones al respecto en cada zona palmera y aún dentro de la misma zona. Por ejemplo: el uso y el manejo de la fertilización en una finca en la zona de Guamachito, Costa Norte colombiana, no puede ser el mismo para otra zona en el departamento del Cesar o en el departamento del Atlántico en la misma Costa Norte colombiana, ya que las condiciones de suelo y manejo del cultivo varían en muchos aspectos, así como las condiciones o factores externos del medio ambiente. La variable edafoclimática no es constante en la zona.

La palma de aceite es exigente en agua y se ha promediado que precipitaciones de 120 mm mínimo por mes serían lo ideal dependiendo claro está de las características físicas de los suelos. El agua deficiente genera estrés hídrico y este genera disminución en el número de inflorescencias femeninas y el incremento de flores masculinas, la baja en el rendimiento por este factor normalmente se observa entre los 19 y 22 meses después de generado el *stress*. Pero parece que estos períodos de sequía mejoran el porcentaje de aceite incrementándolo, fenómeno que no se ha estudiado en la costa norte colombiana.

Por otra parte la radiación solar es otro complemento climático de gran importancia en la producción de frutos en palma de aceite y lo ideal serían unas 2.000 horas-año, pero siempre y cuando no se encuentren asociadas con sequías prolongadas o veranos largos, cuestión que no vamos a encontrar en la Costa Norte colombiana. Sobre esto se debe estudiar la población de palmas por hectárea, ya que se ha observado que palmas con mayor cantidad de sol en el suelo producen más, especialmente por el proceso de fotosíntesis en las hojas bajas.

El rendimiento en la cosecha es una variable que depende en gran parte del adecuado suministro de nutrientes, ya sea por medio de la fertilización natural que el suelo genere o por medio de la fertilización edáfica, foliar o axilar, dependiendo de la edad de la palma y del nutriente aplicado o requerido, pero realmente esta práctica manejada por sí sola o independiente del paquete tecnológico usado en la producción, no puede garantizar las altas o buenas producciones de una palma, que es el producto de la interacción de muchos factores; por ello la magnitud o calidad y la estrecha relación de aquellos factores serán los que determinen al final el rendimiento o tipo de cosecha.

Es necesario pensar que los precios en el mercado de la fruta suben anualmente por escalera, mientras que el precio de los insumos lo hacen por ascensor. Esta situación desesperante, conlleva a maximizar los rendimientos por unidad de superficie o sacarle el máximo a los materiales existentes, para poder mantener las exigencias de la misma producción y esto solo podemos lograrlo manejando la fertilización de las plantaciones, pero en una forma integral con las otras variables que intervienen en la formación del fruto, su desarrollo y cosecha.

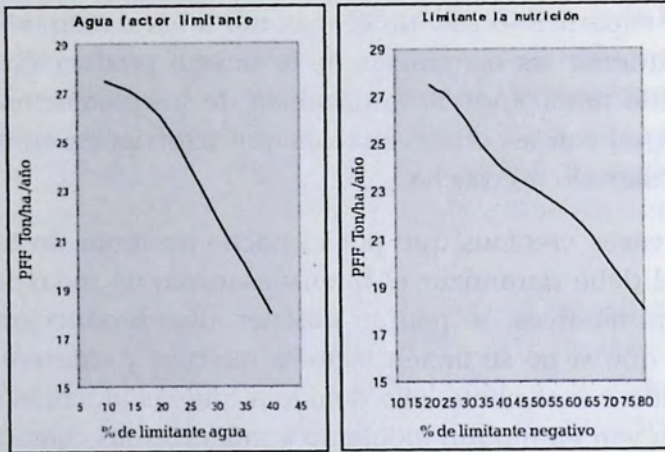
En muchos casos creemos que por el hecho de tener un buen equipo técnico, él cual debe garantizar el buen desarrollo de todas las prácticas culturales y agronómicas, se podrán obtener altas producciones, pero se debe entender que si no se tienen factores internos y externos adecuados todo será perdido e ineficiente, ello debido a que las prácticas culturales y agronómicas no van en ningún momento a modificar las condiciones genéticas de la palma y mucho menos el medio ambiente en forma radical.

En toda plantación de palma de aceite, se deben identificar los factores externos limitantes de la producción de fruta, ya que existen algunos de estos factores o labores culturales y agronómicas que no tienen incidencia en la producción y al realizarla lo que estamos haciendo es distraendo capital y tiempo o aumentando los costos por tonelaje de producción. Tengamos siempre presente que el buen manejo de un solo factor no se reportará en producción, por ejemplo: cuando se tiene un muy buen programa de fertilización y nutrición y muy descuidado el programa de sanidad o el de riegos o el de cosecha, con ello no estamos haciendo absolutamente nada, ya que el manejo de la plantación debe y tiene que ser integral. Lo anterior nos indica claramente que existirá uno o varios factores limitantes y que la producción será directamente proporcional a ese factor limitante, esto lo explicamos en la gráfica N°1.

Palma de aceite es un cultivo supremamente exigente en macro y micronutrientes y tiene la peculiaridad de ir cambiando sus exigencias a medida que aumenta de edad, por ello se requiere de un monitoreo constante de suelo y sistema foliar, muestreando por lo menos suelo cada dos años y foliarmente cada seis a doce meses, con el fin de ajustar los programas de fertilización según las exigencias determinadas.

GRÁFICA N° 1

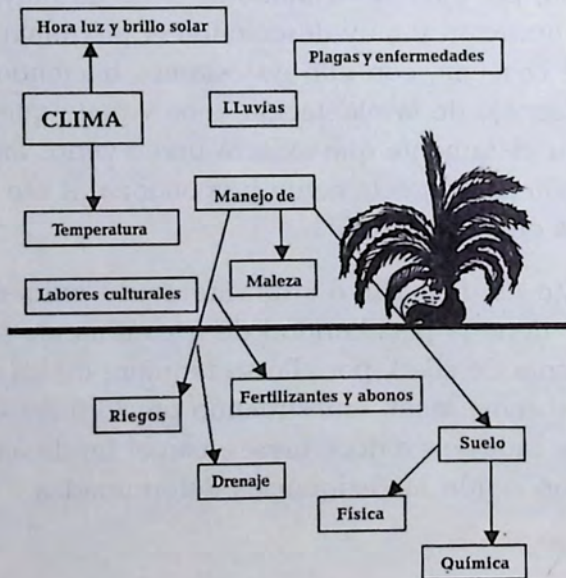
INDICA QUE LA PRODUCCIÓN ES LIMITADA POR EL FACTOR LIMITANTE



En la gráfica N° 2, esquematizamos los factores que intervienen en la producción de palma de aceite, dejando claro que el manejo es una variable intermedia entre los factores externos y los internos que afectan a la producción.

GRÁFICA N° 2

FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN EN PALMA DE ACEITE



PARTE 2

EL SISTEMA RADICULAR DE LA PALMA DE ACEITE

Definitivamente el sistema radicular de la palma de aceite es un órgano fundamental en su nutrición. Esta parte u órgano de la palma no solo le sirve para anclarse en el suelo, sino que a través de el toma la gran parte de los nutrientes y el agua que requiere; por ello si no contamos con un inmejorable sistema radicular, no podemos garantizar la adecuada nutrición del cultivo y esto se refleja directamente en el volumen y calidad de la fruta producida.

En la literatura sobre producción y fisiología de las plantas se encuentra que de los 16 elementos nutricionales esenciales, trece son entregados por el suelo y solo tres son aportados por el aire del medio ambiente; pero si no tenemos un buen sistema radicular, esos trece elementos tendrán dificultad para entrar o ser asimilados en la mejor forma posible y adecuada por la planta. Estos pocos nutrientes son muy esenciales en los procesos fisiológicos y de producción de palma de aceite.

Un concepto muy errado entre los palmicultores es el de que la palma de aceite es un cultivo rústico, lo cual es totalmente falso, ya que el sistema radicular de esta planta requiere de las mejores condiciones físico-químicas del suelo para su mejor y adecuado desarrollo. La masa de suelo en la cual se desarrollan las raíces, debe ser porosa, tener una muy buena relación entre macro y microporos, ser profunda y con muy buena aireación, libre de sales y Sodio y con un buen grado de fertilidad natural. Si usamos suelos con limitaciones químicas o físicas que entorpezcan el buen desarrollo del sistema radicular, automáticamente estamos reduciendo el potencial productivo de la palma y por tanto iremos directamente hacia las bajas producciones o hacia producciones supremamente costosas por unidad de explotación.

La experiencia en este cultivo, en lo referente a manejo de suelos y nutrición, nos indica que se debe reconocer cualquier factor que afecte el creci-

miento y actividad del sistema radicular y mejorarlo, para que la planta pueda optimizar cada nutriente presente en el suelo o que sea aplicado en la fertilización. Por ejemplo, en algunos casos hemos encontrado suelos apelmazados que correlacionan con bajas producciones, al subsolar la respuesta no se hace esperar y la planta automáticamente dirige el crecimiento de sus raíces hacia el área subsolada, mejorando considerablemente las condiciones de la plantación. Posiblemente ello se deba a lo ya comentado anteriormente, con respecto a que el sistema radicular tiene un crecimiento positivo hacia las zonas de mejor aireación y mejor humedad.

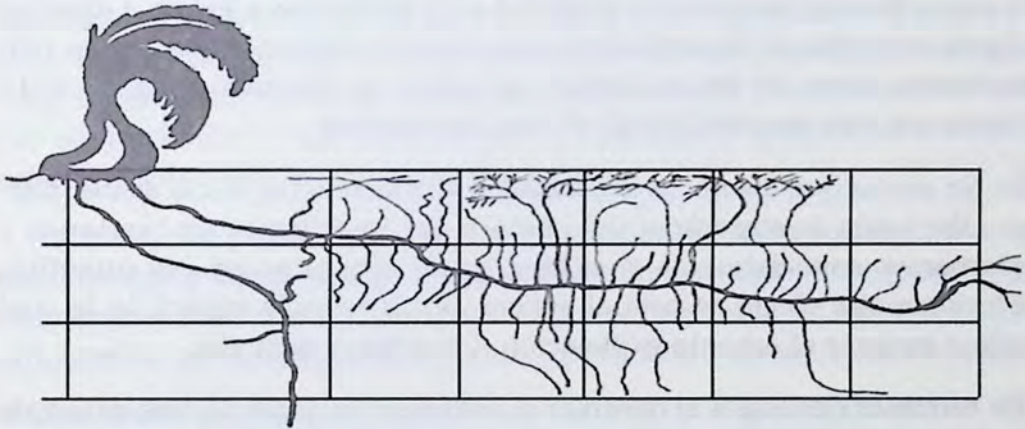
Uno de los factores y posiblemente el más importante en la asimilación de nutrientes es el buen desarrollo y estado sanitario del sistema radicular de la palma de aceite, desgraciadamente este requisito en la gran mayoría de los casos no se cumple y por ello jamás se podrán tener resultados satisfactorios de las fertilizaciones usadas. Podemos asegurar, que en ningún momento puede ser económico o tenerse como una práctica eficiente una fertilización edáfica si la plantación no cuenta con un sistema radicular bien formado, fuerte y bien distribuido para la exploración del suelo en el cual debe tener su influencia, por ello en la gran mayoría de los casos el fertilizante se puede perder por lixiviación profunda, por drenaje o por fijación y solo una mínima parte será usada o asimilada por la planta. Lo anterior indica en forma muy clara, que primero se debe corregir el factor limitante del desarrollo del sistema radicular y luego que se recupere si iniciar el programa de fertilización edáfica; es más conveniente realizar la aplicación de los fertilizante vía axilar o foliar hasta que se mejoren o recuperen las condiciones edáficas.

EL PERFIL RADICULAR Y EL ÁREA DE ALIMENTACIÓN EN PALMA DE ACEITE

El sistema radicular de palma de aceite se encuentra constituido por raíces de tipo adventicio, fasciculadas y fibrosas con un crecimiento rápido. Las raíces que nacen directamente del cono basal o tronco o estipe, se denominan *raíces primarias*, las que nacen a partir de las primarias se denominan *raíces secundarias*, luego las que emergen de las secundarias se denominan *raíces terciarias* y las que se generan a partir de las terciarias y que son desde el punto de vista de nutrición las más importantes y conocidas como *raíces cuaternarias*, cuyo volumen y número dependerán de las

limitaciones edáficas o de los daños que han podido sufrir en su proceso de crecimiento o desarrollo. De las raíces terciarias y cuaternarias nacen los pelos radiculares, que son pequeñísimas raíces de pocos milímetros de longitud y cuya función principal es la de absorber agua y nutrientes. La eficiencia de estos pelos radiculares se debe fundamentalmente a la gran superficie de contacto que poseen con el suelo que exploran, ver N° gráfica 3.

GRÁFICA N° 3
GRÁFICA QUE INDICA LA DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA RADICULAR
EN PALMA DE ACEITE



Al realizar los viveros en bolsas, muy pronto las radículas de las semillas serán reemplazadas por otras raíces adventicias primarias, que se han generado de la unión radícula-hipocrótulo y más tarde de los entrenudos inferiores del tallo, que se forman en el cono basal macizo o tronco. Este cono basal es el productor de raíces en palma de aceite y aún por encima de la superficie del suelo se generan raíces activas en el tronco.

La profundidad que logran alcanzar las raíces primarias verticales puede ser de hasta un metro, pero este crecimiento se verá restringido en su longitud si la profundidad efectiva es poca y muy especialmente si el factor limitante es el nivel freático o capas endurecidas, fragipan o duripan. En general, en suelos livianos las raíces penetran verticalmente más que en los suelos pesados y esta penetración puede ser de varios metros. Por lo

general, bajo condiciones normales, las plantas encuentran una penetración vertical de hasta un metro de profundidad, lo cual es suficiente para sostenerla durante toda su vida.

Al analizar las raíces primarias de crecimiento horizontal, podemos observar que nacen a partir del tallo en todos los ángulos, sin pasar por lo general del metro de longitud. Las raíces primarias horizontales tienen un diámetro de 5 a 10 milímetros y con longitudes de hasta diecinueve metros. Las raíces secundarias nacen de las primarias y tienen un diámetro de uno a cuatro milímetros y crecen hacia arriba, hacia abajo y lateralmente. Las raíces terciarias nacen a partir de las secundarias y crecen en sentido horizontal, tienen por lo general un diámetro entre 0,5 a 1,5 milímetros y llegan a alcanzar un largo promedio de 15 centímetros. Las raíces cuaternarias que son las más abundantes, nacen de las terciarias y presentan un diámetro entre 0.2 a 0,5 milímetros y una longitud media de tres centímetros.

Es de anotar que las raíces secundarias de crecimiento hacia arriba, pueden salir hasta la superficie del suelo y allí ramificarse en terciarias y cuaternarias, especialmente si existen capas orgánicas en esa superficie del terreno, este efecto se nota al aplicar raquis sobre la superficie, lo cual ayuda a mejorar el área de explotación del sistema radicular.

En términos generales al observar el volumen de raíces de una palma de aceite, en los cuarenta primeros centímetros de profundidad, encontramos que este volumen disminuye a medida que el radio se hace mayor alrededor de la palma. Pero si observamos únicamente la parte absorbente del sistema radicular, podemos apreciar que el volumen de estas raíces aumenta con el radio a partir del estipe hasta unos 3,5 a 4,5 metros, además de que estas raíces se ubican entre los quince a treinta centímetros de profundidad en el suelo.

LA ABSORCIÓN DE LOS NUTRIENTES

Bek-Nielson. B, nos indica que la mayor parte de la absorción de los nutrientes en palma de aceite se realiza por las raíces cuaternarias y por los ápices absorbentes de las primarias, secundarias y terciarias, pero siempre en la misma profundidad del suelo. Los ápices no lignificados de las raíces, que es la parte absorbente, miden tres a cuatro coma cinco centímetros en las raíces primarias, de cuatro coma cinco a seis centímetros en las secundarias y de dos a tres centímetros en las terciarias. En las raíces cuaternarias

esta sección es de uno a tres centímetros de longitud y por lo general no se lignifica y además se genera en abundante cantidad. En el caso de palma de aceite, las raíces cuaternarias son las que desempeñan el papel de pelos absorbentes.

Cuando una raíz sufre un daño, ya sea mecánico o por enfermedad, detrás de este punto se generan las nuevas raíces que la reemplazan y siguen por lo general la misma dirección que la raíz original y de hecho son funcionales y absorbentes.

Es tan importante el mecanismo de absorción, por parte de las raíces, que bajo condiciones de suelos con capas de piedras o gravilla cerca de la superficie las raíces primarias se retuercen y se estrechan y entonces se dirigen hacia la superficie y las secundarias y terciarias se tornan más gruesas y lignificadas, entonces las raíces subaéreas que crecen entre el material orgánico que se ha colocado en la superficie o simplemente sobre la superficie del suelo se vuelven más activas.

Al instalar las plantas en el campo el sistema radicular se desarrolla muy rápidamente e inicia una gran exploración por los nutrientes y muy especialmente si el terreno o plantación no posee cobertura, de allí que muchos propietarios usen fertilización al voleo, pero solo bajo estas condiciones.

Una práctica muy importante en el manejo de la palma de aceite, es la aplicación de material orgánico en las áreas diferentes al ploteo, colocándolo en capas delgadas y uniformes, aprovechando el amplio radio que generan las raíces y la lenta mineralización de estos productos, lo cual garantiza que las pérdidas de nutrientes se minimicen y la palma pueda absorber el mayor porcentaje de los mismos.

El raquis de palma de aceite es una buena fuente orgánica portadora de un buen porcentaje de nutrientes.

FACTORES QUE INCIDEN EN EL BUEN DESARROLLO DE LAS RAÍCES DE LA PALMA DE ACEITE

Desde el vivero hasta el campo o lugar de siembra definitivo, encontramos una multitud de factores que vienen a incidir directa o indirectamente en el crecimiento del sistema radicular de la palma de aceite. Solo trataremos aquí los de mayor importancia.

A. Los factores que están relacionados con el suelo propiamente dicho, ya sean químicos o físicos y que en términos generales los hemos denominado tropismo, o sea la reacción de orientación del sistema radicular.

El Quimiotropismo. Se ha comprobado que las raíces dirigen su crecimiento hacia aquellas zonas del suelo en donde existe una mejor fertilidad o concentración equilibrada de nutrientes, entonces decimos que la raíz tiene un quimiotropismo positivo, de hecho suponemos que se retirará de las zonas no fértiles o que presentan altas concentraciones de un elemento que lo hace tóxico a la planta. El sistema radicular de la palma de aceite es muy aficionado por aquellas regiones superficiales o enterradas con altos o muy buenos contenidos de materia orgánica en proceso de descomposición, ello se debe, no solo a la mejor humedad y Oxígeno (aireación) que allí se presenta, sino por que las raíces pueden tomar los nutrientes que se generan en forma constante en la mineralización de estos residuos vegetales, así por ejemplo: toman Calcio, Fósforo, que son elementos que se originan de este proceso y que son muy importantes para el desarrollo radicular y de la palma en general. El Fósforo, es bien sabido que estimula el crecimiento del sistema radicular, lo mismo que el Boro, ya que es requerido en los puntos de crecimiento activos y en un cultivo como el de palma de aceite, que renova con gran frecuencia las raíces, se debe aplicar Fósforo y Boro si el suelo es deficiente en estos elementos.

Geotropismo. Decimos que las raíces tienen un geotropismo positivo, debido a que siempre buscan profundizarse en el suelo, con lo que garantizan la exploración de una gran masa del mismo y la absorción de muchos e importantes nutrientes de la solución. Pero en suelos superficiales este crecimiento se verá atrofiado con la concerniente reducción del área de exploración y la adquisición de nutrientes, lo cual afecta el crecimiento de la palma y su producción de frutos.

La profundidad efectiva o factor que limita la profundidad del suelo, puede deberse a un fragipan, un duripan, nivel freático alto, etc, que limitará la penetración normal del sistema radicular.

Aerotropismo. Con la excepción de algunos muy pocos cultivos o plantas, podemos afirmar que todas las raíces poseen aerotropismo positivo, ya que crecen siempre hacia las zonas de mejor aireación en la masa de suelo. La palma de aceite en suelos pesados, plásticos y pegajosos no profundiza

su sistema radicular, debido a la poca aireación existe en esas zonas, pero si canalizamos con drenes o subsolamos o trinchemos, la situación de la planta mejorará, por que aireamos al suelo y además cambiamos o hacemos evolucionar o hacemos intercambiar los gases del suelo con los de la atmósfera. Por este fenómeno el volumen de raíces que crece muy cerca de la superficie del suelo es mayor que el que crece hacia abajo. Una práctica muy importante, en suelos pesados y muy pesados, plásticos y pegajosos, es la realizar canales de un metro de ancho por uno de profundidad entre las calles y llenarlos con materia orgánica, raquis o cascarilla de arroz, etc, para que las raíces se dirijan hacia estas zonas y se aumente el volumen radicular más absorbente. De hecho la fertilización tendrá que hacerse en estas zonas bien aireadas.

Hidrotropismo. Se dice que las raíces tienen un hidrotropismo positivo, debido a que ellas se dirigen hacia las regiones del suelo con mejor grado de humedad, pero no así a las regiones de sobresaturación o encharcadas, ello con el fin de obtener el agua, nutrientes y Oxígeno fáciles de asimilar, por que si no existe el agua (humedad) los demás tropismos no tienen razón de ser, ya que no puede existir vegetación o vida sin el agua. Ver gráficas N° 4, 5 y 6.

GRÁFICA N° 4

EFFECTO DE UN PAN SOBRE EL CRECIMIENTO RADICULAR



GRÁFICA N° 5

EFFECTO DE UNA ZONA DE AIREACIÓN SOBRE EL SISTEMA RADICULAR



GRÁFICA N° 6

EFFECTO DEL CANAL DE RIEGOS SOBRE EL SISTEM



B. Los factores relacionados con los daños por efectos de plagas, enfermedades, cirugías y mecánicos en el sistema radicular de palma de aceite.

El sistema radicular de la palma de aceite se ve atacado por muchos organismos macro y micro, que lo parasitan y perjudican el estado general de la palma y su producción de racimos o frutos.

Entre los grupos de organismos podemos destacar los nemátodos, algunos hongos, bacterias, insectos y larvas de insectos que causan fuertes daños a la palma de aceite. Entre ellos podemos mencionar:

- *Sagalassa válida* y *phytomonas*
- *Rhadinaphelenchus cocophilus*

- *Rhizoctonia lamellifera* sp
- *Ceratocystis paradoxa*
- *Fusarium oxysporum*

Todas estas plagas generan enfermedades que limitan significativamente la capacidad de absorción de nutrientes por las plantas y pueden llevarlas a la muerte.

En plantaciones africanas se presentó, en vivero, la enfermedad denominada *ráfaga*, causada por *Rhizoctonia lamellifera* y *Phytium* sp. Como agente vector de esta enfermedad se tiene el saltamontes de la familia *Delpacidae* o *Jassidae*.

En el Africa y en gran parte del mundo palmero, incluyendo la Costa Norte colombiana, en palma adulta se ha encontrado la llamada pudrición basal, causada por *Ceratocystes paradoxa*, que es un hongo del suelo ampliamente distribuido en el mundo. Esta enfermedad ha causado estragos en muchos plantíos.

Se puede afirmar que el ataque de nemátodos y algunas otras plagas se ve beneficiado por las características del monocultivo y su manejo.

El adecuado combate de estas plagas y enfermedades es de suma importancia para mantener un sistema radicular sano y garantizar muy buena nutrición a la plantación, pero todo ello se inicia desde el vivero y la manera de tratar las plantas al momento de llevarlas al campo.

Existen daños de tipo mecánico sobre el sistema radicular, ya sea por maquinaria, herramientas de trabajo o por animales (cerdos y carneros) que dejan expuesto el sistema radicular a la entrada de cualquier bacteria o agente causal de una enfermedad.

Por todo lo anterior creemos que cualquier esfuerzo dirigido a mantener sano el sistema radicular, redundará en una mejor absorción de nutrientes y por ende en mejores y mayores producciones.

Una práctica normal y eficiente, será la de detectar los daños radiculares para conocer hasta dónde sería eficiente la fertilización, ya que con raíces enfermas la eficiencia en la absorción es baja y los nutrientes se pierden por *lixiviación* con el agua de drenaje.

C. Los excesos de humedad

Este es otro factor que incide en el crecimiento y sanidad del sistema radicular de la palma de aceite; se ha demostrado con estudios realizados por Johansson, Persmark y Thieme W que la extensión vertical de las raíces depende en gran parte de la presencia o ausencia del manto freático, ya que la palma o acepta o no prospera bajo condiciones de saturación permanente, aunque puede aceptar un exceso por algunos días y aún por meses, pero bajo estas condiciones se genera un amarillamiento total del sistema foliar de la planta. En zonas de muy alta precipitación se deben realizar drenes adecuados para poder mantener las producciones y condiciones de sanidad de la plantación, lo mismo que en zonas con alto nivel freático, así sea temporal.

Desde el punto de vista de la física de suelos, conocemos que la acumulación del agua, por deficiente drenaje, deprime al aire del suelo, disminuyendo el intercambio gaseoso y la entrada del Oxígeno de la atmósfera, el cual es totalmente independiente para el fenómeno de la respiración; así como la salida del Gas Carbónico (CO_2) producido por los organismos del suelo en su proceso respiratorio, y que puede acidular a los suelos haciéndolos pobres en bases tan importantes como Calcio y Magnesio. Una ausencia de Oxígeno en el suelo produce daños graves en el sistema radicular o incluso llevar a la planta a la muerte.

La deficiencia de Oxígeno, genera una disminución en la asimilación de los nutrientes, ello debido a que la energía que se genera en el proceso de respiración se usa en la absorción de los nutrientes. Por otra parte, todo este proceso se encuentra relacionado con las condiciones de textura, estructura y compactación del suelo, lo cual incide sobre el tipo de permeabilidad. Solo en el caso de suelos pesados, con partículas muy finas, notamos que a pesar de tener un gran volumen de poros, éstos son pequeños (microporos) y el movimiento del agua es muy restringido, impidiendo el buen drenaje y la penetración de las raíces.

D. El apelmazamiento del suelo

En palma de aceite, por ser un nomocultivo de largo tiempo y por el propio manejo que se le da a nivel de producción, sufre mucho de apelmazamiento o compactación en el suelo y muy especialmente si fueron áreas anteriormente explotadas con arroz riego o potreros. El caso más común de

apelmazamiento, lo observamos en el ploteo, en donde el uso de herbicidas, aunque poco frecuente por una parte, y el pisoteo y el mismo golpe del racimo en el momento de la cosecha sobre esta área por otra parte, hacen que el suelo apelmace. De hecho, es de suponer que las raíces allí sufren por estos efectos y su eficiencia será muy baja. El aplicar herbicidas induce daños en el sistema radicular, aunque esto requiere de mayores evaluaciones con el fin de determinar los alcances de los daños fisiológicos, pero sí tenemos comprobado que los herbicidas apelmazan a los suelos.

PARTE 3

REQUERIMIENTO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE

No es desconocido por quienes manejan el cultivo de palma de aceite, que esta planta, sin dudar, es una de las exigentes en Nitrógeno y Potasio sin descartar los otros macro y micronutrientes, ello si la comparamos con otros cultivos de semejante explotación tecnológica. En una plantación con un rendimiento medio puede alcanzar en condiciones moderadas de manejo las 22 toneladas de fruta por hectárea por año y plantaciones de alto rendimiento pueden alcanzar, con un alto grado de tecnología, 30 a 35 toneladas de fruta por hectárea por año y aún más. Si consideramos un promedio de 25 toneladas de fruta por hectárea por año, podemos decir según Ng Siew Kee y Cols, que las extracciones de nutrientes son, referenciadas a Malasia: Nitrógeno (N) 193 Kg/ ha/año, Fósforo (P) 26 Kg/ha/año, Potasio (K) 251 Kg/ha/año, Magnesio (Mg) 61 Kg/ha/año, Calcio (Ca) 89 Kg/ha/año.

Con los datos anteriores podemos asegurar que si no se mantiene una fertilización adecuada de elementos como el Potasio, se genera con facilidad un agotamiento en el suelo y por ende una deficiencia en la planta, lo cual redundará en las producciones. Por ello si queremos mantener el nivel de producción debemos mantener obligatoriamente programas bien establecidos de fertilización.

PRINCIPALES ELEMENTOS MINERALES QUE PARTICIPAN EN LA NUTRICIÓN DE LA PALMA DE ACEITE

La palma de aceite, al igual que cualquier otra planta, necesita de un grupo de nutrientes o elementos químicos para poder crecer y producir cosechas de buena calidad. Estos elementos son los conocidos como nutrientes esenciales, porque sin ellos es imposible que existan estos vegetales.

Existen tres elementos que son: el Carbono (C), el Oxígeno (O) y el Hidrógeno (H), que forman un grupo especial y que proceden y las plantas los toman del aire y el agua.

Otro grupo de nutrientes o elementos son los denominados minerales, los cuales son generados por los sólidos del suelo. Este grupo se subdivide en tres subgrupos, que son: los conocidos como elementos primarios o macronutrientes, llamados así porque las plantas los requieren en cantidades relativamente altas y son: Nitrógeno (N), el Potasio (K) y el Fósforo (P). El grupo de elementos secundarios, denominados así porque las plantas los requieren en menor cantidad que los primarios y son: Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S). Por último tenemos los elementos menores o elementos terciarios o nutrientes trazas, denominados así porque las plantas los requieren en cantidades muy pequeñas comparados con los primarios y secundarios y son: Zinc (Zn), Boro (B), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl) y Sodio (Na).

EL NITRÓGENO (N) EN EL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE

Se puede asegurar que el papel más importante del Nitrógeno (N) en la palma de aceite es su participación en la estructura de las moléculas de las proteínas. Tampoco podemos separarlo del proceso fotosintético, ya que allí ejerce gran influencia, debido a que interviene en la formación de la molécula de clorofila, tan importante en todo el proceso fisiológico. El Nitrógeno, por otra parte es componente de las vitaminas, que tienen su máxima importancia en el crecimiento de la palma de aceite.

Normalmente existe buena respuesta a las aplicaciones del Nitrógeno por palma de aceite, siempre y cuando el Índice del Área Foliar (IAF) sea inferior a 5. En palma adulta el IAF es por lo general de 6 y por ello la respuesta de la palma en esta edad es baja a nula, entonces se debe ralea.

EFFECTO DEL EXCESO DE NITRÓGENO EN PALMA DE ACEITE

Por lo general, en una plantación de palma de aceite no se observa una toxicidad por efectos de un exceso de Nitrógeno, pero en plantaciones adultas el exceso de Nitrógeno genera una susceptibilidad a plagas y enfermedades del sistema foliar, como por ejemplo ataques del insecto

denominado caterpillar o el canastero. El Sulfato de Amonio, si se aplica en exceso en plantas de menos de seis semanas de transplante les puede causar grave daño, manifestándose el síntoma sobre la hoja más joven la cual se abre totalmente y las demás hojas aparecen negras o se secan. Si existe mal de juventud no se debe aplicar Nitrógeno. Un exceso de Nitrógeno es tan o posiblemente más dañino que un defecto y la planta sufrirá un stress.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE NITRÓGENO EN PALMA DE ACEITE

La deficiencia de Nitrógeno es más común en palma joven que en palma adulta y los síntomas son los siguientes:

En palma muy joven: El primer síntoma es la aparición o desarrollo de un color verde pálido uniforme en todo el sistema foliar, a esta palidez le sigue un amarillamiento; el color verde desaparece en forma gradual y aparece un amarillo más oscuro, el cual precede a la necrosis.

En palma joven y adulta: Los primeros síntomas de deficiencia de Nitrógeno observados en una plantación establecida ya en el campo es la reducción del tamaño de las plantas, debido a que el tamaño de las hojas y de los foliolos se reducen, estos son más angostos y rígidos, enrollados, por ello se genera la apariencia del mayor distanciamiento entre ellos. En este estado el color cambia muy poco. A medida que la deficiencia avanza el color verde pasa a un verde pálido y luego a un verde amarillento y las nervaduras aparecen con un color amarillo brillante. Más tarde el limbo de los foliolos pasa a un color amarillo opaco o amarillo anaranjado y la nervadura naranja, por último el tejido clorótico pasa a un color morado o marrón y se inicia la muerte de los foliolos desde la punta a la base.

Se ha notado que en casos de deficiencia leve solo se afectan las hojas adultas, pero si la deficiencia es fuerte se observará también en las hojas jóvenes. Otro síntoma es el afinamiento de los peciolos, una disminución significativa en el número de hojas y la reducción en la altura de la planta.

Las deficiencias de Nitrógeno están muy relacionadas con el tipo y cantidad de maleza existente en la plantación.

El adecuado suministro de Nitrógeno es particularmente importante en palmas entre los 5 a 6 años de edad.

EL NITRÓGENO EN EL SUELO

En los suelos la cantidad de Nitrógeno (N) fácilmente disponible o asequible para las palmas de aceite es muy pequeña o muy deficiente, y muy especialmente en la Costa Norte colombiana, razón por la cual debemos agregar este elemento (dependiendo de la textura existente en el suelo), en forma de fertilizantes simples o compuestos en el programa de fertilización.

Existen algunas variables naturales que controlan la cantidad de Nitrógeno disponible en los suelos, entre estas tenemos: las condiciones climáticas de la región, la actividad del hombre, el tiempo de uso de los suelos, el material parental y el contenido de materia orgánica. Es de entender que el manejo de los suelos o actividad del hombre es uno de los factores más importantes a tener en cuenta.

En los suelos tropicales la reserva de materia orgánica es muy baja, con excepción de los suelos orgánicos. Por otra parte, Ollagnier y otros aseguran que el contenido de Nitrógeno (N) para los suelos palmeros debe estar entre 0,1 a 0,4 % y además tener un porcentaje de carbón fácilmente oxidable entre 0,5 a 3,0 %.

En Colombia los valores para materia orgánica en los suelos palmeros es bastante amplio, lográndose encontrar valores desde 12,0 hasta 2,0 % y aún contenidos menores. En la Costa Atlántica estos valores oscilan entre 0,5 a 3,1% y contenidos de carbón fácilmente oxidable entre 0,3 a 2,0%.

LAS FORMAS DE NITRÓGENO EN EL SUELO

Existen dos formas principales en las cuales se encuentra el Nitrógeno en los suelos palmeros: *Nitrógeno orgánico* y *Nitrógeno inorgánico*.

EL NITRÓGENO ORGÁNICO

Se considera Nitrógeno orgánico a toda forma de Nitrógeno que se encuentra haciendo parte de los restos de plantas, animales y macro y microorganismos de un terreno. Aunque es bastante la cantidad de Nitrógeno que se puede encontrar bajo esta forma en el suelo, no es como tal inmediatamente disponible ni asimilable por las plantas. Esta forma de Nitrógeno debe ser liberada por medio del proceso de descomposición y mineraliza-

ción de la materia orgánica, de esta manera puede llegar a ser parte de los compuestos inorgánicos, que son las formas en las que puede ser asimilable por las plantas inmediatamente en el campo.

EL NITRÓGENO INORGÁNICO

El Nitrógeno inorgánico se presenta en forma de iones de Amonio (NH_4), Nitrito (NO_2) y Nitrato (NO_3), siendo Amonio y Nitrato las dos formas disponibles más frecuentes. Las plantas aunque pueden absorber las dos formas, prefieren la de Nitrato.

De lo anterior se desprende la importancia de aplicar fertilizantes nitrogenados, pero que contengan el Nitrógeno en las dos formas (Amonio y Nitrato). Con ello se da un mejor manejo a la fertilización nitrogenada.

EL NITRÓGENO Y SU DINÁMICA EN EL SUELO

La cantidad de Nitrógeno que un suelo tenga disponible para el cultivo de la palma de aceite, dependerá directamente de su contenido de materia orgánica, de su proceso de descomposición y nimeralización y de la cantidad de fertilizante nitrogenado aplicado o el programa de fertilización de la plantación. Los contenidos de Amonio, Nitrato y Nitrito no son constantes en el suelo y cambian de una forma a otra por medio de una serie de procesos que ocurren muy rápidamente en el suelo, dependiendo de ciertos factores del medio ambiente (físicos y químicos). Estas series de reacciones tienen una gran importancia por dos principios:

- Permiten que el Nitrógeno pueda ser asimilado por las plantas.
- Que se fomente un gran potencial de pérdidas de ese mismo Nitrógeno.

Las dos afirmaciones anteriores nos hacen pensar en la necesidad de familiarizarnos con estas reacciones y procesos, con el único fin de dar un mejor y eficiente manejo al Nitrógeno de nuestra plantación o a los fertilizantes nitrogenados que apliquemos normalmente al suelo.

Aunque en la literatura de suelos y fertilizantes éste tema es bien comentado, solo haremos un rápido comentario, a modo de repaso, de estos procesos y recordarlos un poco.

En esta reacción el consumo de Oxígeno es grande, lo cual indica que en aquellos suelos apelmazados o inundados este proceso no puede verificarse en su cien por ciento y se sufrirá por falta de Nitrógeno en la plantación.

Al analizar los dos procesos o etapas, encontramos que la parte fundamental es el Oxígeno, lo que nos indica claramente que solo el proceso será eficiente en aquellos suelos bien drenados; pero en suelos mal drenados o con problemas de apelmazamiento, panes (duripan o fragipan), o inundados el proceso será muy deficiente o nulo.

Entendamos que tanto el Nitrato (NO_3) generado de la materia orgánica, como el aplicado en forma de fertilizante nitrogenado es supremamente móvil y por ello se pierde con gran facilidad con el agua de drene o por lixiviación profunda, generándose la pérdida real de Nitrógeno.

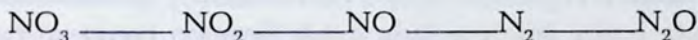
Si hemos captado y entendido bien el proceso de nitrificación en el suelo, estamos en disposición técnica para diseñar un programa de manejo de nuestros fertilizantes nitrogenados y evitar de esta manera o al menos minimizar la pérdida del Nitrato (NO_3), pero maximizar la asimilación por parte de las plantas.

Se ha dicho que en las zonas del trópico, áreas palmeras, la mineralización de la materia orgánica es rápida, lo que indica que las pérdidas de Nitrógeno son altas. Por ello debemos buscar la forma de manejar este fertilizante y la manera más adecuada puede ser la de fraccionar el producto, con lo cual se consigue menos saturación de Nitrato (NH_3) en el suelo, con lo cual se pierde menos y la planta puede asimilar lo requerido. Esta práctica debe aplicarse especialmente en suelos pesados y muy livianos, aunque puede ser usada en cualquier suelo, que aunque encarece el costo de las aplicaciones se hace un mejor manejo y uso del fertilizante nitrogenado.

EL PROCESO DE DENITRIFICACIÓN

Así como existe el proceso de nitrificación en los suelos también existe el de denitrificación, que no es otra cosa que la formación del Nitrógeno en forma de N_2 y N_2O que son gases que se liberan y acumulan en la atmósfera. El fenómeno se genera en condiciones de inundación, por lo que el Oxígeno del suelo tiende a cero (0,0) y los microorganismos tales como pseudomonas, bacillus y paracoccus para poder vivir sacan el Oxígeno que

requieren del NO_2 y del NO_3 existente en el suelo. Reacción que puede representarse de la siguiente manera:



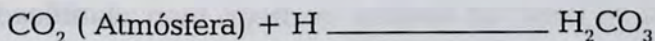
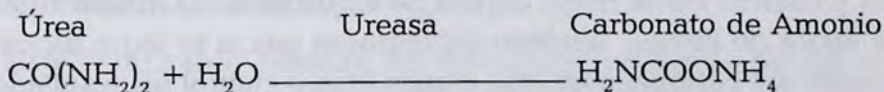
Es importante este proceso en las plantaciones de palma de aceite que duran un tiempo inundadas o que presentan niveles freáticos supremanente altos, ya que la pérdida de Nitrógeno normalmente es muy significativa. Por tanto después de una inundación se debe fertilizar con Nitrógeno.

EL PROCESO DE VOLATILIZACIÓN DEL NITRÓGENO EN LOS SUELOS

Se define la volatilización como el proceso en el cual el Amonio (NH_4) pasa a un estado gaseoso, gas Amonio (NH_3), que entra a la atmósfera. Este proceso de pérdida de Nitrógeno se genera por varias causas, entre las cuales tenemos:

- Fertilización nitrogenada edáfica superficial o no al suelo
- Suelos con pH alto
- Reacciones temporales que elevan el pH del suelo

El caso más común de pérdida de Nitrógeno por volatilización, lo genera la Úrea cuando se aplica sobre la superficie del suelo; ello es debido a que la Úrea sufre unas transformaciones al ser atacada por la enzima Ureasa, con lo cual facilita la hidrólisis generando en primera instancia un producto conocido como Carbonato de Amonio, el cual es bastante inestable. Se conoce que esta reacción eleva el pH de la zona colindante con el gránulo de Úrea aplicado, pH que puede llegar rápidamente hasta 8,0. En la zona alcalina generada, el Carbonato de Amonio es rápidamente descompuesto a Nitrato (NH_3) con el desprendimiento de CO_2 que pasa a la atmósfera o forma Ácido Carbónico. Esquemáticamente la reacción es la siguiente:



Como el NH_3 que aquí se genera es un gas y pasa a la atmósfera, arrastrando cantidades apreciables de Nitrógeno. Gran parte del Nitrato puede unirse al agua para generar NH_4 nuevamente en el suelo y permanecer más o menos estable, para luego ser sometido a nitrificación como ya hemos visto.

Es de anotar que en las plantaciones de palma de aceite la fertilización se realiza edáficamente, de allí que las pérdidas de Nitrógeno sean altas y no es de sorprenderse que lleguen a ser entre el 45 al 50%.

EXIGENCIA DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE

El cultivo de palma de aceite es uno de los más exigentes en Nitrógeno en el suelo. En plantaciones con producción de 25 toneladas/hectárea/año el consumo de Nitrógeno anual es del orden de los 193 kilos/Ha o sea 1,349 kilos por planta.

Normalmente en una plantación el aporte de materia orgánica por hojas, flores, etc, es grande pero el Nitrógeno que aportan es poco; por ello el aporte de materia orgánica al suelo es más beneficio físico que químico. Entonces el Nitrógeno que requiere la plantación deberá ser suministrado por medio de fertilizantes nitrogenados.

En plantaciones de alto rendimiento (30 a 33 Toneladas/hectárea/ año) se utilizan entre 180 a 200 kilos de Nitrógeno/hectárea/año, lo cual depende en gran parte de las características del suelo y las condiciones climáticas regionales. En Colombia, en la Costa Norte, el consumo promedio de Nitrógeno oscila entre los 105 a 160 kilos/año.

Canchano. E y Ulloa. E, conduciendo investigaciones en este cultivo en la región de la Costa Norte colombiana, encontraron que las aplicaciones de Nitrógeno deben ser por lo menos fraccionadas en dos períodos en el año, siempre y cuando exista riego, pero si no existe se debe aplicar únicamente en la época de lluvias. También encontraron que si se logra fraccionar la aplicación del Nitrógeno en más etapas (tres o cuatro) los resultados serán de mayor consistencia y rentabilidad.

Desde un punto de vista práctico es muy importante indicar que el fraccionamiento de este nutriente le permite a la planta utilizarlo con mayor eficiencia, especialmente si se tiene un sistema de riego bien planificado. Pero las aplicaciones únicamente en época invernal traen como consecuen-

cia el aumento de la pérdida del nutriente en forma de NO_3 . Debe quedar claro que las pérdidas de Nitrógeno, en suelos bajo palma de aceite, están íntimamente relacionadas con la textura del suelo y la precipitación zonal, factores que necesariamente se deben manejar ya que no podemos cambiarlos.

La concentración de Nitrógeno en el sistema foliar de la palma de aceite es variable según la edad y se encuentra entre 2,4 a 3,0%. En plantas jóvenes concentraciones de 2,5 y en palma vieja de 2,3 indican deficiencia e indican la necesidad de aplicar Nitrógeno.

LAS FUENTES NITROGENADAS MÁS USADAS EN LAS PLANTACIONES DE PALMA DE ACEITE

Las fuentes nitrogenadas las podemos dividir en dos grandes grupos:

- Las que contienen Amonio
- Las que contienen Nitrato

En el primer grupo o sea las que contienen Amonio se encuentran:

LA ÚREA ($\text{COO}(\text{NH}_2)_2$)

La Úrea es un excelente fertilizante nitrogenado, especialmente debido a que contiene un alto porcentaje de Nitrógeno (46% en promedio), siendo el Nitrógeno totalmente orgánico. El biuret se encuentra por debajo del 2,0% (en el caso de la Úrea colombiana). La Úrea al hidrolizarse en el suelo genera el ión NH_4 . El único problema es la lenta liberación del Nitrógeno asimilable y la alcalinidad inicial transitoria. Es un fertilizante de tipo simple. No usarla en mezcla con el KCl.

EL FOSFATO DIAMÓNICO ($(\text{NH}_4)_2\text{PO}_4$)

Este fertilizante además del Nitrógeno en forma de Amonio entrega Fósforo a los suelos y plantas. El contenido de Nitrógeno total es del 18% (como Nitrógeno Amoniaco) y de Fósforo asimilable (P_2O_5) de un 46%. Se puede observar que es más fuente de Fósforo que de Nitrógeno para el cultivo y el suelo. Es un fertilizante muy usado en la instalación de palma de aceite.

FOSFATO MONOAMONICO ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)

Este fertilizante aporta Nitrógeno total amoniacal en un 11,0% y Fósforo asimilable (P_2O_5) en un 53,0%. También observamos que más que un fertilizante nitrogenado es fosfatado para el suelo y el cultivo.

EL NITRATO DE AMONIO (NH_4NO_3)

Su concentración de Nitrógeno es del 26%, para el caso de Colombia. Se puede observar que el Nitrógeno se encuentra en dos formas: NH_4 y NO_3 o sea una parte fácilmente asimilable y otra lentamente asimilable, esto es de gran importancia en el manejo de la fertilización nitrogenada y en especial en ciertos suelos.

LA ÚREA RECUBIERTA DE AZUFRE

No es otra cosa que el material Úrea que se ha recubierto con una capa de Azufre, lo cual permite una protección del Nitrógeno, por lo que disminuye su pérdida. En Colombia el uso de esta Úrea recubierta es prácticamente desconocido en las plantaciones de palma de aceite. Este material aporta Nitrógeno y Azufre a los suelos y cultivo.

EL SULFATO DE AMONIO ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$). SAM

En Colombia lo encontramos con una concentración del 21,0% de Nitrógeno en forma amoniacal y además nos aporta un 24,0% de Azufre. En la Costa Atlántica colombiana es usado en palma de aceite en aquellos suelos con problemas leves de Sodio (Na) por los efectos del Azufre o en suelos bajos en Azufre para palma de aceite.

Se conocen otros fertilizantes nitrogenados tales como: El Amonio Anhídrido con un 82% de Nitrógeno, las aguas amoniacales con diferentes porcentajes de Nitrógeno, el Nitrato de Magnesio, el Nitrato de Calcio, el Nitrato de Potasio y el Nitrato de Calcio y Magnesio. Estas fuentes son de muy poco uso en palma de aceite, por efectos de costos y sistema de aplicación.

Todos los fertilizantes amoniacales tienden a bajar el pH del suelo, debido al proceso de nitrificación que sufren.

En trabajos realizados en la Costa Atlántica colombiana, en Padelma Ltda, se encontró que la fuente nitrogenada, Sulfato de Amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) dio

los mejores resultados a altura de producción al ser comparado con la Úrea, posiblemente a su aporte de Azufre.

El Nitrato de Amonio acidula al suelo en muy bajo grado, debido a su poca concentración de Nitrógeno en forma amoniacal.

En palma de aceite ya preocupa el uso desmesurado de la Úrea y sus efectos a altura de suelo.

En el segundo grupo de fertilizantes nitrogenados o sea los que contienen Nitrato tenemos:

EL NITRATO DE CALCIO ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)

Es una fuente muy importante de Nitrógeno y Calcio. Posee una concentración normalmente del 15,0% de Nitrógeno. Su contenido de Calcio lo restringe un poco para palma de aceite en la Costa Norte colombiana, debido a los contenidos altos de Calcio en la mayoría de estos suelos.

EL NITRATO DE POTASIO (KNO_3)

Es una fuente de Nitrógeno y Potasio. Posee una relación N: K de 1 a 3, por lo que es más fuente de Potasio que de Nitrógeno para los cultivos y el suelo. Por lo general contiene un 13% de Nitrógeno y un 39% de Potasio. Es un producto muy bueno para usarlo tanto en fertilización edáfica como foliarmente por su alta solubilidad.

Los nitratos son considerados productos fisiológicamente alcalinos y nunca producirán bajas en el pH del suelo.

El Nitrato de Potasio, en el cultivo de palma de aceite, como fuente de N y K es muy poco usado.

EL POTASIO DEL SUELO (K)

El elemento Potasio (K) se ha considerado como el nutriente de mayor importancia en el cultivo de la palma de aceite, ya que es el elemento que se requiere en mayor cantidad para generar buenas cosechas. Su relación en consumo con respecto al Nitrógeno es de 1 a 2,5 aproximadamente.

FISIOLOGÍA DEL POTASIO EN PALMA DE ACEITE

La palma de aceite toma al Potasio del suelo como ión $K(+)$.

Se considera que el Potasio no entra en la formación de la estructura de compuestos orgánicos en general en la planta, pero sí es fundamental y básico porque es el catalizador por excelencia de procesos tan importantes en las palmas tales como la respiración, la formación de clorofila, la regulación del contenido de agua a nivel foliar y la fotosíntesis. En esto es necesario destacar su efecto regulador del agua en las hojas, ya que con este fenómeno podemos manejar el problema del agua en las plantaciones y muy especialmente en la época de verano. Por otra parte, se ha considerado función primaria del Potasio en la planta el transporte y acumulación de azúcares y grasas, lo cual permite el desarrollo de la pulpa y el llenado del racimo.

Es importante anotar que un suelo con niveles bajos de Potasio, generará producción escasa de racimos y de poco peso. Por ello se asegura que el Potasio regula la producción en palma de aceite.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE POTASIO EN PALMA DE ACEITE

En términos generales la deficiencia de Potasio es común en aquellos suelos pobres dedicados a la explotación del cultivo de palma de aceite y muy especialmente si son suelos livianos o afectados por Sodio. Aún en suelos normales se pueden encontrar deficiencias de Potasio, debido a las grandes exigencias de la palma por este nutriente.

Los síntomas de deficiencia de Potasio se han descrito de tres maneras muy características, las cuales están asociadas y aún se pueden generar en la misma palma individualmente o en una misma hoja. El Potasio es un elemento translocable en la palma, por ello los síntomas aparecen en primera instancia en las hojas más viejas. La deficiencia de Potasio ha sido asociada con varios síntomas y aún con factores de tipo genético.

■ *La Mancha Anaranjada o Bronceada*

Este es el síntoma más común de la deficiencia de Potasio en palma de aceite. Se inicia con unos puntos o pequeñas líneas de color amarillo pálido, los cuales se van agrandando generando la mancha y marcándose a

medida que pasa el tiempo. Estas manchas, si la deficiencia es muy fuerte, se pueden unir generando entonces zonas en los folíolos de color anaranjado. Si no se corrige la deficiencia, las manchas pasan a un color bronceado y el centro inicia una necrosis, la cual pasa a marginal destruyendo el tejido. Es propia de las hojas bajas.

■ *La Mancha Amarilla*

Una segunda forma de manifestarse la deficiencia de Potasio en palma de aceite es por la aparición de una decoloración de tipo marginal de un color verde difuso en los folíolos de las hojas viejas o bajas, ello porque el Potasio en palma es translocable. Más tarde el área afectada pasa a un color verde amarillento que se transforma a un amarillo pálido, pero nunca llega al amarillo vivo. El color amarillo pálido se acentúa en los bordes de los folíolos y disminuye hacia la nervadura, quedando por tanto una faja angosta a lo largo de toda la nervadura central y se notará en la base del folíolo un área de algunos centímetros de color verde algo normal.

■ *El Amarillamiento Difuso*

Una tercera forma de manifestación de la deficiencia de Potasio en palma de aceite está caracterizada, y es común, por la presencia de una coloración marrón opaco que precede a la coloración verde oliva o una clorosis de color ocre en los folíolos jóvenes en la parte superior de la corona. Es muy típico, ya que el color aparece en un lugar de la hoja y luego se va extendiendo el color amarillento. Más tarde se genera una banda bien definida de tejido clorótico desarrollada alrededor de los folíolos afectados. Se genera este síntoma en suelos de pH bajo o en suelos de turba y especialmente después de un stress por agua.

■ *La Raya Blanca*

El síntoma se manifiesta por la presencia de rayas de color blanco o blanco amarillento muy finas a lo largo del peciolo y especialmente en palmas de 3 a 6 años de edad. Muchos autores indican que este síntoma no es propiamente una deficiencia de Potasio, sino un desequilibrio entre N y K por un exceso de N con relación a K. Lo más probable, indican otros autores, es que la raya blanca se genere por una deficiencia de Boro, con lo cual estamos totalmente de acuerdo.

Desde un punto de vista general podemos afirmar que la sintomatología más común de la deficiencia de Potasio en palma de aceite es la presencia de manchas de color verde pálido, que pasan a amarillo y más tarde a un bronceado, que son manchas alargadas típicas de los folíolos de las hojas bajas o viejas. Al unirse las manchas por la persistente deficiencia se genera el conocido moteamiento anaranjado confluyente. Al persistir la deficiencia se presentará lo conocido como amarillamiento medio de la corona, ya que se verá afectado el nivel diez de la filotaxia, en este caso las hojas más viejas y jóvenes pueden aparecer de color verde, pero con manchas de color naranja. Si la deficiencia es muy severa y la fertilización potásica es descuidada la palma puede morir.

Es normal que la deficiencia de Potasio se presente en viveros y plantas jóvenes, manifestándose con una serie de manchas amarillas en los folíolos, pasando más tarde a un anaranjado o color amarillo ocre, y si no se atiende las palmitas pueden morir.

La deficiencia de Potasio en palma de aceite se encuentra asociada a varias enfermedades vasculares como en el caso de *Fusarium oxysporum*, *Cercospora* y *Ganoderma* que atacan a las raíces, pero también se generan desordenes de tipo fisiológico por deficiencia de este elemento.

EL POTASIO EN LOS SUELOS PALMEROS

En general, en un suelo normal para el cultivo de palma de aceite, el Potasio se encuentra bajo tres formas principales, según el grado de asequibilidad para las plantas. Estas formas son:

- Potasio disponible para la palma
- Potasio poco disponible para la palma
- Potasio no disponible para la palma

EL POTASIO DISPONIBLE PARA LA PALMA

Se refiere al Potasio que se encuentra disponible en forma inmediata para ser asimilado por la palma de aceite, es el Potasio que se encuentra a altura de micela y en equilibrio con el Potasio de la solución del suelo. Es de anotar que las palmas toman el Potasio de la solución del suelo y en forma iónica.

Desde el punto de vista de suelo se considera, para palma de aceite, un tenor de 0.40 me/100 gramos de suelos como suficiente y adecuado para mantener buenas producciones. Pero no se puede perder de vista que esta cantidad debe guardar una muy buena relación con las cantidades de Calcio y Magnesio en el mismo suelo. Esta relación $\{(Ca + Mg)/K\}$ debe ser muy bien balanceada.

EL POTASIO LENTAMENTE O POCO DISPONIBLE PARA LA PALMA DE ACEITE

El mecanismo fijador para el Potasio en el suelo es muy conocido, pero indicaremos que los iones de Potasio libres en la solución del suelo son atrapados por las arcillas y luego son liberados lentamente para que la palma los pueda tomar. Pero la realidad es que este fenómeno solo ocurre en aquellos suelos en donde dominan las arcillas minerales de tipo 2:1. Lo anterior solo es problema en pocos suelos o áreas de la Costa Norte colombiana, pero no así en la gran mayoría de la zona cultivada con palma de aceite en el mundo.

EL POTASIO NO DISPONIBLE PARA LA PALMA DE ACEITE

Cuando se habla de Potasio no disponible para la palma de aceite, nos referimos al Potasio que se encuentra haciendo parte de la estructura de los minerales que componen el esqueleto del suelo o formando parte de algunos compuestos que requieren de una previa mineralización para liberarlo. Este Potasio puede ser liberado muy lentamente pero por medio de los mecanismos de meteorización físico-químicos a través del tiempo, por ello se considera como una reserva de este nutriente.

REQUERIMIENTO DE POTASIO POR LA PALMA DE ACEITE

La palma de aceite es uno de los cultivos que más remueve Potasio del suelo y altas son las cantidades que no regresan al mismo sino que se van con la cosecha producida, esto es una pérdida real del elemento en el suelo. En plantaciones de Nigeria y Zaire, la remoción de Potasio (K_2O) por la parte aérea, raíces y racimos es de 840 a 976 Kg/ha en palmas de 20 a 22 años de edad y solo en racimos se considera que la remoción es de 500 a 585 Kg/ha. Por otra parte, Ng Siew Kec y Cols señalan que en Malasia la concentración de Potasio (K) en la producción de racimos por año es de 93 Kg/ha para producciones de 25 Ton/ha/año. Por lo anterior, se observa que la

palma de aceite es un cultivo que requiere de una alta y constante fertilización potásica, así y aún teniendo buenos niveles del elemento en el suelo. Las zonas palmeras normalmente aplican entre 173 a 260 Kg de K₂O/ha/año para producir 25 a 27 toneladas de fruta por hectárea por año. Por otra parte Ng y Thamboo, indican que para una plantación con producción de fruta fresca de 25 Ton/ha/año requiere de 92, 7 K de K/ha.

Teniendo en cuenta la gran importancia que tiene el Potasio en el cultivo de palma de aceite en Malasia, Zaire, Nigeria, Costa Rica, Colombia, etc, se ha trabajado bastante con este elemento y algunos resultados se darán en este libro a manera de información.

Canchano Y Ulloa (1.995) encontraron que aplicando 357,5 Kg de KCl /ha/año (2.5 Kg de KCl/palma/año) y fraccionando en dos etapas (primer y segundo semestre o sea cada 6 meses) en una plantación de 14 años de edad, el rendimiento era superior a las 27 toneladas de fruta por hectárea por año. Pero esto se debe acompañar de buenos niveles de agua de riego, manejo de frecuencias muy bien distribuidas según la textura, manejo de plantación y de cosecha.

En plantaciones en donde existe una gran deficiencia de Fósforo o de Magnesio no se recomienda aplicar Potasio, ya que si la deficiencia es de Magnesio se aumentaría el problema, manifestándose con mayor claridad en el follaje la deficiencia, lo mismo sucede si la deficiencia es de Fósforo.

El Potasio no sólo fomenta la buena producción de fruta, sino que mejora ciertas situaciones de sanidad, como en el caso de *Cercospora elaeidis* y *Pestalotiopsis*.

En la Costa de Marfil se despertó la inquietud y preocupación por el efecto del uso repetido del Cloruro de Potasio (KCl), por el aumento de los niveles de Cloro (Cl), detectados por encima del 0,5%, lo cual podría ser nocivo para las palmas. De la misma manera, encontraron efectos depresivos con KCl, pero respuesta positiva al Nitrógeno sin aplicación del KCl, efecto atribuido al antagonismo entre Nitrógeno (N) y Cloro (Cl). El Sulfato de Potasio se comportó mejor que el KCl con respecto a las producciones, efectos similares encontraron Canchano y Ulloa en la Plantación de la Hacienda Padelma en la Costa Norte colombiana.

Ollagnier, M y Ochs, R en 1.964, trabajando en plantaciones colombianas, encontraron pequeños aumentos en la producción por efectos de las

aplicaciones de Cloruro de Potasio, disminución en el Potasio foliar y aumento en el Cloro.

Como podemos observar, se requiere de mucha investigación sobre este nutriente a altura de las plantaciones y en especial en Colombia.

Es necesario indicar que el elemento Potasio en el suelo es mediamente móvil, debido ello a que se encuentra retenido en la micela electrostáticamente. Por otra parte, el fraccionamiento que se haga de las dosis a usar en el año de este fertilizante, dependerá de la precipitación o del uso de riegos con un programa preestablecido, así como de la textura del suelo. Sobre la textura, aclararemos que materiales texturales livianos y algunos medianos presentan una baja capacidad de intercambio de cationes por poseer poca arcilla y poca materia orgánica. Por lo tanto, al presentarse estas texturas, el Potasio deberá ser fraccionado con el fin de que las pérdidas sean muy pequeñas. Como práctica que ha generado buenos resultados y que por ello debe ser fomentada, es la de aplicar el Potasio y el Nitrógeno en mezcla fraccionada según el programa de fertilización que se tenga en la plantación.

EL EXCESO DE POTASIO EN PALMA DE ACEITE

Un exceso de Potasio en la fertilización puede traer como consecuencia varias situaciones en el manejo de la palma.

- Puede deprimir el contenido de aceite en la fruta
- Induce deficiencia del Boro en la planta
- Induce deficiencia de Magnesio en la planta

El Potasio a diferencia del Nitrógeno y en especial si la fuente es Úrea, se puede aplicar con el suelo seco, por ello su aplicación no dependerá del tiempo. El Potasio solo se puede perder por lixiviación profunda.

FUENTES POTÁSICAS

El Potasio es asimilado por la palma como ión K, pero las fuentes fertilizantes que lo contienen son variables, diferenciándose por el anión acompañante y su concentración como K_2O . Entre estas fuentes tenemos como principales:

EL CLORURO DE POTASIO (KCl)

El Cloruro de Potasio (KCl), conocido también como Muriato de Potasio, tiene una concentración de K_2O del 60% y un 47% de concentración de Cloro.

El alto contenido de Cloro en algunos casos es bueno, pero en otros es antagónico con el Nitrógeno en el caso de palma de aceite; aunque en otros cultivos esto no sea un problema. Es la fuente de Potasio más ampliamente usada en los cultivos de palma en el mundo, especialmente por su alta concentración de K_2O y su precio en el mercado. Es este fertilizante una fuente muy significativa de Potasio.

El Cloruro de Potasio no es recomendable aplicarlo en mezcla con la Úrea, por varias razones.

EL SULFATO DE POTASIO (K_2SO_4)

Es una muy buena fuente de Potasio, con una concentración del 50% de K_2O y un alto porcentaje de Azufre. Este fertilizante no acidula al suelo, pero si trabaja muy bien en donde los niveles de Sodio son moderados a medios para el cultivo. En trabajos de campo, Canchano E, reporta aumentos de producción de fruta cuando se aplicó el Sulfato de Potasio como fuente potásica en palma de aceite, aún acompañándolo con Cloruro de Potasio. Es posible que estas respuestas en producción sean afectadas favorablemente por el Azufre que introduce el Sulfato de Potasio.

El Sulfato de Potasio se puede aplicar en mezcla con la Úrea, el Sulfato de Magnesio y fuentes fosfatadas.

EL SULPOMAG ($K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$)

Es un Sulfato doble de Potasio y Magnesio con una concentración de 22% de K_2O , 18% de MgO y 22% de S. Para el caso de palma de aceite se considera una muy buena fuente de Potasio, Magnesio y Azufre y muy especialmente para aquellas plantaciones deficientes en Azufre y Magnesio. En Colombia es muy común su uso en las plantaciones de palma de aceite y genera muy buenos resultados.

El Sulpomag se puede usar en mezcla con la Úrea.

EL NITRATO DE POTASIO. (KNO_3)

Es una magnífica fuente de Potasio y aporta además Nitrógeno en forma de Nitrato. Pero el problema que restringe su uso es el alto costo en el mercado. En plantaciones con deficiencias extremas de Potasio, puede ser usado vía foliar o radicular, si se usa la vía foliar se puede aplicar en concentraciones de 3 al 5%. En Colombia prácticamente su uso es muy escaso.

El Nitrato de Potasio se recomienda no mezclarlo con Úrea ni Nitrato de Sodio.

En la costa norte colombiana las fuentes potásicas más usadas son el Cloruro de Potasio, el Sulfato de Potasio y el Sulpomag, normalmente en forma edáfica. Las aplicaciones foliares con Nitrato de Potasio son usadas únicamente en viveros.

EL FÓSFORO EN LOS SUELOS

Aunque los requerimientos de Fósforo son por lo general muy altos en otros cultivos, en palma de aceite son relativamente bajos. Suelos con contenidos de 10 a 15 p.p.m de P son buenos y suficientes para el desarrollo y producción de una plantación de palma. Pero es necesario que exista un equilibrio entre este nutriente Nitrógeno y Potasio. El Fósforo deficiente en suelos palmeros genera una baja rata de crecimiento, hojas cortas, reducción en el diámetro del estipe y racimos muy pequeños. En los suelos palmeros la fertilización con Fósforo es una labor poca usada por que las deficiencias poco se presentan, esto posiblemente por la buena asociación entre las palmas y las micorrizas.

La deficiencia de Fósforo en plantaciones de palma de aceite son muy esporádicas y muy especialmente en la Costa Norte colombiana. Posiblemente en zonas palmeras con suelos ácidos o sódicos se genere el problema por formarse fosfatos férricos o fosfatos de Calcio y/o Sodio.

EL FÓSFORO EN SUELOS DE PALMA DE ACEITE

Las plantas y en este caso la palma de aceite, asimilan o absorben el Fósforo de la solución del suelo como H_2PO_4 especialmente. Parece que la palma requiere mayor cantidad de este nutriente en sus primeros años de

vida que es cuando organiza su sistema radicular, llegando a requerir niveles medios (15 a 30 p.p.m) comparado con otros cultivos.

Es bien conocido que el Fósforo forma parte de muchos compuestos de gran valor fisiológico en el desarrollo de la palma y en especial la producción, así tenemos que participa en la formación del ácido nucleico, los fosfolípidos, las coenzimas NAD y NADP y también del ATP, que es un compuesto específico en el transporte energético de las palmas.

El Fósforo es muy importante en las zonas de crecimiento activo de la palma (raíces por ejemplo).

Una cosa importante es que el Fósforo es translocable o reutilizado dentro del sistema de la palma, pasando de un lugar a otro según la necesidad o requerimiento, posiblemente ésta sea una de las causas de su poca exigencia en los suelos palmeros.

El Fósforo es poco móvil en el suelo, por ello su aplicación como fertilizante, debe ser localizada y muy cerca al sistema radicular de la palma.

Por lo general el Fósforo siempre se presenta en la solución del suelo en concentraciones muy bajas y se conoce que tiene muy poca movilidad, pero es muy dado a unirse a otros iones para formar compuestos insolubles o de poca solubilidad, así por ejemplo: Fosfato de Aluminio, Fosfato de Hierro y Fosfato de Calcio, estos dos últimos muy comunes en la costa norte colombiana. Además el Fósforo puede ser atrapado por las arcillas y allí se fija, por tanto es un elemento de mucho cuidado y manejo en las plantaciones.

La disponibilidad de la cantidad de Fósforo en el suelo para la palma, está regulado por una serie de factores propios de cada región. Podemos destacar entre estos factores y que son los más comunes:

- El tipo de arcilla dominante
- El pH o reacción del suelo
- La metodología de aplicación del fertilizante fosfatado

El tipo de arcilla dominante. En suelos de origen volcánico se encuentran arcillas como la Atofana y la Imogolita, altamente fijadoras de Fósforo, mientras que en suelos altamente meteorizados y pobres se encuentran arcillas de tipo Caolinita y los Óxidos de Hierro y Aluminio que también tienen una alta capacidad fijadora de fosfatos. Lo anterior se debe posiblemente

a que estas arcillas tienen una gran afinidad por los iones de Fósforo, los atrapan y los fijan, quedando por ello inmovilizado. En muchos suelos colombianos que se encuentran bajo cultivo de palma de aceite se genera este fenómeno.

El pH o reacción del suelo. Existen situaciones muy típicas con respecto al pH del suelo y su capacidad de fijación de Fósforo. La primera se genera en aquellos suelos con un pH alto por efectos del Calcio activo, allí los iones de Fósforo reaccionan con el ión Calcio originando formas tri y tetrafosfatos de Calcio que son insolubles y por tanto poco disponibles para las palmas. En el segundo caso tenemos los suelos con pH bajo o reacción ácida, por efectos del Hierro y el Aluminio de cambio, los cuales actúan en la misma forma que el Calcio en los suelos de pH alto y forma con el ión fosfato compuestos insolubles, bajando por ello el contenido de Fósforo soluble en la solución del suelo.

Se conoce que la adecuada solubilidad y disponibilidad de Fósforo en los suelos se da entre pH de 5,5 a 7,0, lo cual coincide con las características de los suelos tropicales y subtropicales, en donde las arcillas que dominan son las de tipo 2:1. Por lo tanto en suelos con pH bajo sería muy recomendado aplicar cal o encalar y en los suelos de pH elevado, por el exceso de Calcio, aplicar lavado o lavar para corregirlos. Es de anotar, que las altas cantidades de Fósforo en suelos ácidos tienden a deprimir los contenidos de Zinc.

La metodología de aplicación de los fertilizantes fosfatados. El fertilizante fosfatado, no solo en el cultivo de palma sino en cualquier otro cultivo, deberá ser aplicado muy localizado junto al sistema radicular, para evitar que las arcillas lo fijen o se pierda por erosión o escorrentía y pueda ser tomado en forma rápida y eficiente por la palma. Lo anterior se debe a que el Fósforo es inmóvil en el suelo y por ello en donde se aplica allí se quedará.

EL REQUERIMIENTO DE FÓSFORO POR LA PALMA

El Fósforo en palma es indispensable para las reacciones que controlan la síntesis de las proteínas, controla por otra parte el crecimiento de hojas y estípe, la buena formación de raíces y además, es necesario en la floración (formación de las inflorescencias), interviene en la producción de la cosecha (tamaño del racimo) y reduce el aborto.

Se conoce que en Nigeria y Zaire, las plantaciones de 20 a 22 años de edad extraen o inmovilizan entre 90 a 97 kilos de Fósforo por hectárea por año.

Ng Siew Kee y Cols, encontraron en Malasia que la extracción de Fósforo por las plantaciones de palma de aceite de producción media 25 toneladas era de 12 kilos de Fósforo. Por otra parte, estos mismos autores encontraron que 10 toneladas de racimos frescos contenían 9,4 kilos de P.

En la Costa Atlántica colombiana es común aplicar entre 60 a 79 kilos de P por hectárea por año, usando como fertilizante superfosfato triple o su equivalente como Fosfato Diamónico para plantaciones entre las 20 a 27 toneladas de fruta/ha/año.

Una recomendación muy importante es la de aplicar Fósforo en la siembra, en el fondo del hueco, ya que de esta manera se asegura un buen desarrollo de las palmitas y un crecimiento uniforme en la plantación o lote.

EL EXCESO DE FÓSFORO EN LOS SUELOS

Un exceso de Fósforo en el suelo, ya sea por aplicaciones realizadas o por que el suelo sea rico en este nutriente, induce una deficiencia de Cobre y Zinc. Lo anterior es muy común en las plantaciones de palma de Indonesia y Sumatra.

LA DEFICIENCIA DE FÓSFORO EN PALMA

Una deficiencia de Fósforo en palma de aceite no tiene síntomas tan específicos como en el caso de otros nutrientes. La manifestación más común es la reducción en el tamaño de las hojas, el diámetro del estipe y el tamaño de los racimos. En palma las deficiencias de Fósforo son un problema que puede generar pérdidas económicas, por baja producción. En la Costa Norte es poco común. Algunos autores relacionan el embotellamiento de la palma con una deficiencia de Fósforo en el suelo. Las áreas con deficiencia de Fósforo por lo general son invadidas por malezas de tipo leguminosas que se dan bajo estas condiciones.

Es muy recomendado que plantaciones con menos de tres (3) años se les aplique Fósforo, ya sea como DAP, SFT o un compuesto como el 15-15-15 o el 14-14-14, aunque se puede usar la roca fosfórica pero que no contenga Flúor. En palma adulta o mayor de tres años de edad, se recomienda mejor la roca fosfórica.

REQUERIMIENTO DE FÓSFORO POR LA PALMA

La extracción de Fósforo (P) por una palma oscila entre los 0,5 a 2,0 Kg de SFT o sea 0.30 a 1, 20 Kg de P205 por año.

LA ÉPOCA DE APLICACIÓN DEL FÓSFORO EN PALMA

El Fósforo no se pierde por volatilización sino por erosión, por ello se puede aplicar en cualquier época del año, ya sea verano o invierno y solo se requiere que se localice muy junto al sistema radicular, debido a su poca movilidad. Pero es importante que el suelo se encuentre húmedo.

EL CONTENIDO OPTIMO DE FÓSFORO EN LAS HOJAS DE PALMA

En la palma adulta el contenido óptimo de Fósforo como P oscila entre 0,15 a 0.19%. Se considera que concentraciones por debajo de 0,13% ya nos indican serias deficiencias de Fósforo y muy especialmente si el Nitrógeno se encuentra alto. Existe una interdependencia entre los contenidos de Nitrógeno y Fósforo en las hojas de palma de aceite y autores como Tampbulon y otros, sugieren realizar una curva entre Nitrógeno y Fósforo y observar los puntos críticos. Esta relación es poco usada y se define por medio de la siguiente ecuación:

$$P \% = 0,048N\% + 0,039$$

Por ejemplo:

TABLA N° 1
RELACIÓN ENTRE % DE P Y N EN LA HOJA 17

% de P en la hoja	% de N en la Hoja
0.13	1, 895
0.14	2, 104
0.15	2, 312
0.16	2, 520
0.17	2, 729
0.18	2, 937
0.19	3, 145
0.20	3, 354

LAS FUENTES DE FÓSFORO USADAS EN PALMA

En Colombia las fuentes fosfatadas más usadas son las siguientes:

EL FOSFATO DIAMÓNICO. $(\text{NH}_4)_2\text{PO}_4$

Este fertilizante es de uso muy común como fuente de Fósforo en palma de aceite, especialmente por ser una fuente de Fósforo del 46% de P_2O_5 y además de Nitrógeno con un 18%. Se debe usar en suelos o plantaciones bien abastecidas de Potasio. Se considera una fuente moderadamente disponible para el cultivo.

EL FOSFATO MONOAMÓNICO. $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$

Es un fertilizante fosforado tan usado en palma como el diamónico. Contiene un 53% de P_2O_5 y un 11% de Nitrógeno. El Fósforo se encuentra en forma moderadamente disponible para la palma. Es de uso muy generalizado en la Costa Norte colombiana y de muy fácil consecución.

EL SUPERFOSFATO TRIPLE. $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2\text{H}_2\text{O}$

Es un fertilizante fosfatado usado en palma de aceite con alguna frecuencia y se considera una fuente de Fósforo moderadamente disponible para las palmas. Posee un 46% de P_2O_5 y además contiene un 14% de Calcio como CaO . Por la cantidad de Calcio se usa con alguna restricción en suelos con pH superior a 7.30. También se encuentra en el mercado el superfosfato simple que contiene un 23% de P_2O_5 .

En Colombia también se encuentran otras fuentes fosfatadas, tales como la Roca Fosfórica, el Fosfato Bicálcico y las escorias Thómas, pero que son hasta el momento fuentes con muy poco uso en palma de aceite.

EL CALCIO EN LOS SUELOS BAJO PALMA

El Calcio por lo general no es un elemento usado como fertilizante normal en el cultivo de la palma de aceite, especialmente en la Costa Norte colombiana, ya que los suelos de esta región poseen cantidades suficientes de este elemento que logran abastecer los requerimientos del cultivo tanto en su crecimiento como en la producción sostenida. Sin embargo, aún en la

Costa Atlántica y en otras regiones de Colombia, ya se generan problemas de deficiencia de Calcio y por ello se debe hacer uso de la cal u otras fuentes que aporten Calcio a esos suelos y a la plantación.

EL CALCIO EN LOS PROCESOS FISIOLÓGICOS DE LA PALMA DE ACEITE

Una de las primeras y fundamentales funciones del Calcio en la palma de aceite es la formación del Pectato de Calcio que interviene en la organización y construcción de las paredes celulares.

El Calcio es uno de los elementos no móviles en palma de aceite, ya que al ejercer su función queda en donde fue requerido formando parte de ese material, su movilidad en realidad es mínima. Además de intervenir en la formación de las paredes celulares, también interviene como activador de las enzimas. Por otra parte, es responsable en parte de la división celular, estimulando de esta manera el desarrollo de las raíces, hojas, flores y frutos. El Calcio como nutriente es tomado por la palma como ión Calcio (Ca), únicamente.

El Calcio es usado con mayor frecuencia para corregir suelos ácidos y suelos de turbas y su efecto. Además para mejorar por parte de las leguminosas la fijación de Nitrógeno y la asimilación del Fósforo.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE CALCIO EN PALMA DE ACEITE

Como la palma de aceite requiere de bajas dosis de Calcio para su desarrollo y producción y los suelos por lo general entregan estas cantidades, es muy difícil encontrar este tipo de deficiencia en el campo o en el vivero. Según Marscher (1986), la deficiencia de Calcio genera la desintegración de la pared celular y la pérdida de los compartimientos de la misma célula, acelerando con ello la tasa de respiración.

En realidad los reportes de deficiencia de Calcio en palma de aceite son muy escasos, pero cuando se genera se presentan hojas de aspecto normal pero cortas, de limbos estrechos y con venas pronunciadas, luego se observará que la parte apical del limbo de las hojas más viejas se torna esférica y se divide en dos, necrosándose. Esta deficiencia no es conocida aún en la Costa Atlántica colombiana.

EL CALCIO Y OTROS NUTRIENTES

Según Fassbender (1982), los iones de Calcio, Potasio y Magnesio son de carga positiva y por ello se encuentran retenidos a altura de micela (mineral u orgánica), pero el Calcio es el ión que la micela retiene más fuertemente y por ello se vuelve dominante a altura coloidal.

Según lo anterior, podemos asegurar que en aquellos suelos con alto contenido de Calcio, si no se fracciona el Potasio en la fertilización se corre el riesgo de exponerlo a pérdidas por lixiviación y drenaje. Las arcillas de tipo 2:1 generalmente contienen más Calcio que las de tipo 1: 1 y éstas más que los materiales amorfos. La relación entre Calcio y Potasio (Ca/K) debe ser de 2,0 en sentido general.

LOS REQUERIMIENTOS DE CALCIO POR PALMA DE ACEITE

Se debe entender muy bien que en suelos palmeros, en donde se tengan niveles de Calcio alto, es decir más de 4 me/100 gramos de suelo, pero deficientes en Cloro, las aplicaciones de Cloruro de Potasio, generan únicamente la asimilación del Cloro en grandes cantidades, aunque este Cloro va por lo general acompañado de algunos iones de Potasio, Calcio y/o Magnesio. Si la situación es la deficiencia de Calcio en el suelo, o sea menor de 4 me/100 gr de suelo, entonces el Potasio y el Cloro son tomados por la palma de aceite y existirá una depresión o baja en asimilación del Calcio y el Magnesio. Lo anterior indica que debe existir un equilibrio entre estos nutrientes.

La literatura reporta que en plantaciones de palma de aceite en Nigeria y Zaire, se ha encontrado que la extracción de Calcio por hectárea por cosecha año en materiales de 20 y 22 años de edad es del orden de los 76 a 88 Kg respectivamente.

Ng Siew y Cols, encontraron en plantaciones de Malasia, que para la obtención de 25 toneladas de racimos por hectárea, el consumo de Calcio era del orden de los 20 Kg, cálculo realizado únicamente por racimos.

En Colombia, los datos de extracción de Calcio por cosecha son muy escasos y se ha trabajado muy poco sobre ello. Pero en suelos de la Costa Atlántica colombiana, caracterizados por su alto contenido de Calcio, se vienen generando altas producciones anuales.

Según Ng y Thamboo (1967), una plantación sana requiere para producir 25 toneladas métricas de fruta por hectárea de 20,3 Kg de Calcio como Ca.

LAS FUENTES DE CALCIO

El uso de Calcio en los suelos palmeros tiene dos finalidades: la primera es la de ser usado como una enmienda en aquellos suelos de pH bajo o con un exceso de aluminio activo y una segunda es cuando se usa como nutriente para la palma, es decir, que entra a formar parte del grupo de fertilizantes, debido a que se encuentra deficiente. Entre las fuentes de Calcio más comunes en la Costa Norte colombiana tenemos:

LA DOLOMITA O CAL DOLOMÍTICA ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$)

Esta cal es la conocida como cal agrícola. Es un carbonato doble de Calcio y Magnesio y su porcentaje de Calcio y de Magnesio son variables, dependiendo de la calidad y pureza del material. Es ventajosa porque entrega Calcio y Magnesio a la vez y su poder de neutralización, al usarse como enmienda es superior al del carbonato de Calcio.

LA CALCITA (CaCO_3)

Esta cal es un carbonato de Calcio muy usado como fuente de Calcio y corrector de suelos ácidos. Su porcentaje de pureza dependerá de la calidad del material geológico matriz, aunque normalmente esta pureza es alta. Llegando hasta un 95% como carbonato de Calcio.

EL YESO ($\text{CaSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)

El Yeso es un Sulfato de Calcio hidratado. Es un producto muy usado para corregir suelos afectados con Sodio. Es una fuente de Calcio y Azufre, si se usa en suelos deficientes en Calcio y Azufre, por ello es muy importante. Su pureza es variable y depende de la calidad del material geológico que lo origina, así como de las impurezas que presente. En la Guajira Colombiana, se genera Yeso de muy buena calidad agrícola.

EL SUPERFOSFATO TRIPLE ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)

Aunque este es un fertilizante fosfatado, aporta un 13% de Calcio. Es un producto muy usado en Colombia como fuente de Fósforo y por ello de Calcio.

EL NITRATO DE CALCIO ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)

Es un fertilizante que aporta además de Calcio un alto porcentaje de Nitrógeno. El Calcio lo aporta hasta en un 19%. El Nitrógeno se encuentra en forma de Nitrato. En Colombia es poco usado y especialmente en la Costa Norte colombiana debido a las concentraciones de Calcio.

EL MAGNESIO (MG) EN EL CULTIVO DE PALMA

El Magnesio es un elemento bastante exigido por la palma de aceite y en Colombia llega a ser crítico para muchas regiones deficientes en este nutriente. En la costa atlántica colombiana, se dan buenas producciones y aún no ha llegado a niveles críticos de Magnesio, ello debido a que en la fertilización anual siempre se incluye.

EL MAGNESIO EN LOS PROCESOS FISIOLÓGICOS DE LA PALMA DE ACEITE

Hablar de clorofila es hablar de Magnesio en la vida de la palma de aceite, ya que este elemento hace parte importante de la composición de esta molécula. Por lo tanto, sin el Magnesio es imposible que exista la clorofila y por ello las plantas verdes. Por otra parte, se conoce que este elemento es un activador del metabolismo de los carbohidratos, proteínas, grasas y que interviene también en el transporte de los fosfatos (Delvin 1.982).

El Magnesio es un elemento muy móvil dentro de la palma, por ello los síntomas de deficiencia aparecen en las hojas más viejas o bajas. Como nutriente, la palma lo toma como Mg únicamente.

De lo anterior se desprende el gran cuidado que debe tenerse en el manejo de este elemento en los programas de fertilización de las plantaciones de palma de aceite.

EL MAGNESIO EN LOS SUELOS BAJO PALMA DE ACEITE

Lo mismo que el Potasio y el Calcio, el Magnesio es retenido en forma electrostática por los coloides del suelo.

Es muy característico que los suelos muy livianos (arenosos), los muy meteorizados y los ácidos sean bajos en Magnesio.

En los suelos palmeros la relación Ca/Mg debe ser mayor de 2,0, si las arcillas dominantes son de tipo 2:2 y menor de 2,0, si las arcillas dominantes son de tipo 1: 1.

El Magnesio es menos absorbido que el Calcio, pero es más importante que éste, ya que por lo general en suelos palmeros se tiene menos Magnesio que Calcio. En los suelos ácidos, las deficiencias de Magnesio son altas debido al exceso de Aluminio.

REQUERIMIENTO DE MAGNESIO EN EL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE

El Magnesio es un elemento muy requerido en palma de aceite, así Ng Siew y Cols, han encontrado en plantaciones de Malasia con edad entre 20 a 22 años, que para generar una producción de fruta de 25 toneladas por hectárea requieren de 21 Kg de Mg, refiriéndose únicamente a la producción de racimos.

En Colombia se usa con gran frecuencia el Magnesio en dosis de 100 a 180 gramos por palma de MgO/ha/año, tomándose como fuente el Sulpomag.

Otros autores indican que para corregir las deficiencias de Magnesio se deben usar entre 2 a 5 Kg de kieserita por palma año y se considera una buena dosis de mantenimiento la de 0,5 a 1, 5 Kg por palma año.

El cultivo de palma de aceite, que es exigente en Potasio, presenta a veces dificultades para mantener una buena relación K/Mg, tanto en el suelo como a altura foliar, debido más que todo al manejo de la fertilización.

La aplicación de Potasio por lo general bloquea la absorción del Mg por parte de la palma y ello se acentúa en suelos con contenido de Magnesio bajo a medio. Esta es una de las razones del por qué, en suelos de la Costa Atlántica colombiana, el uso del Magnesio en la fertilización es bajo para la palma de aceite. Con aplicaciones de 50 a 70 Kg de MgO por hectárea año las plantaciones responden perfectamente bien.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE MAGNESIO EN PALMA DE ACEITE

Las deficiencias de Magnesio son bien conocidas en las regiones en donde se cultiva la palma de aceite, ya que es un cultivo exigente en este nutriente. Se conoce que es un problema serio en suelos de textura muy liviana, suelos ácidos y suelos erosionados.

Por ser el Magnesio un elemento móvil dentro de la palma sus deficiencias se manifiestan en las hojas bajas, de donde emigra hacia las hojas nuevas. Las palmas que presentan una deficiencia de Magnesio presentan los siguientes síntomas:

En los folíolos de las hojas bajas se inicia una clorosis, que pasa a un color anaranjado, por ello se conoce esta deficiencia con el nombre de *frente anaranjado*. La deficiencia al iniciarse genera un color en los folíolos verde oliva a ocre en forma de manchas que rápidamente se incrementan y pasan a un amarillo brillante intenso y que ocasionalmente llegan a secarse, ya que puede aparecer una necrosis que se inicia en los extremos apicales de los folíolos. Los folíolos afectados aparecen más frecuentemente en las hojas o partes de estas más expuestas al sol.

La deficiencia de Magnesio puede ser inducida por un exceso de Potasio aplicado en la fertilización.

Existen plantas genéticamente predispuestas a la deficiencia de Magnesio, y aún aplicándole el nutriente en altas dosis siempre aparecerá la deficiencia.

Las fuentes de Magnesio usadas como fertilizantes

Existen diferentes productos químicos y naturales que aportan el Magnesio a los cultivos y al suelo, entre estos tenemos:

LA KIESERITA ($MgSO_4$) HIDROSOLUBLE

En el mercado se encuentra como un producto natural, producido por Alemania y que contiene un 25% de MgO y un 20% de S. Es un producto hidrosoluble. Es un producto que actúa muy bien en suelos con pH elevado o con Sodio ligeramente alto. Este producto se puede usar en cultivos de palma orgánicos.

EL SULPOMAG (K_2SO_4)₂ ($MgSO_4$)

Este fertilizante, además de darnos Magnesio en un 18% como MgO , nos entrega Potasio en un 22% como K_2O y un 22% de Azufre. Es un material muy usado en palma de aceite como fuente de Magnesio y Potasio. Es un producto bastante soluble en agua y con él se pueden corregir deficiencias de Magnesio muy rápidamente.

EL OXIDO DE MAGNESIO (MgO)

Este producto se consigue en el mercado con diferentes concentraciones, pero el más común, al menos en la Costa Atlántica colombiana, presenta hasta un 86% de pureza. Tiene el problema de baja solubilidad en agua y se debe emplear más que todo en suelos ácidos para poder liberar el Magnesio y que la palma lo asimile.

LA MAGNESITA (MgCO₃)

La Magnesita es un carbonato de Magnesio de alta pureza. Contiene como Carbonato de Magnesio hasta un 94. 80% y como Óxido de Magnesio hasta un 45. 13%. Este producto tiene buena solubilidad en agua y es recomendado para aquellos cultivos de palma orgánica.

EL AZUFRE EN SUELOS PALMEROS

El Azufre es un elemento muy importante en la fertilización de palma de aceite y muy especialmente en la Costa Norte colombiana, en donde los niveles de este nutriente en el suelo ya son en muchos sectores preocupantes. La palma responde bien a las aplicaciones de Azufre, aunque no se han visto los síntomas de deficiencia en las plantaciones.

En trabajos realizados por Canchano. E (1.994), encontró suelos deficientes y concentraciones a altura foliar por debajo de 0,15% de S, de lo cual concluyó que ya existen niveles preocupantes de este elemento en varias zonas palmeras de la Costa Norte colombiana.

FUNCIONES DEL AZUFRE EN LA PALMA DE ACEITE

No podemos discutir ni poner en dudas que la principal función del S en palma de aceite es su participación en la estructura de todas las proteínas, así como la de integrar los aminoácidos sulfurados, cistina y meteonina. Por otra parte, se conoce que también está ligado a las vitaminas sulfuradas, tales como la biotina, la tiamina y la coenzima de tipo A.

Aunque las plantas pueden tomar el SO₂ de la atmósfera por medio de su sistema foliar, esta absorción es relativamente muy baja, mientras que el transporte del SO₄ es limitado por xilema, por ello no son satisfechos los

requerimientos. La palma toma al Azufre en forma de SO_4 por su sistema radicular.

EL AZUFRE EN LOS SUELOS PALMEROS

El Azufre en los suelos palmeros se encuentra bajo dos formas: orgánico e inorgánico, dominando la forma orgánica. La forma inorgánica dominante y principal es la de ión Sulfato (SO_4), que se genera de la mineralización de la materia orgánica y de la aplicación de los fertilizantes sulfatados. Lo anterior nos indica que los suelos livianos y muy livianos y con baja materia orgánica serán deficientes en Azufre.

En los andisoles la fijación de Azufre es alta y aumenta a medida que baja el pH del suelo.

En zonas de alta precipitación o de riegos con frecuencia muy estrecha y con mucho volumen de agua, es muy común la pérdida de nutrientes tales como el Potasio, el Magnesio y el Calcio, que por lo general son acompañantes del Ión Sulfato (SO_4). De allí que bajo estas condiciones los suelos tengan bajos contenidos de Azufre aprovechable. En el caso de la deficiencia de Azufre en la Costa Atlántica colombiana, ello se debe a dos factores fundamentales: primero porque son áreas con suelos livianos a muy livianos y segundo por el bajo contenido de materia orgánica, menos de 1, 5%.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE AZUFRE EN LA PALMA DE ACEITE

Turner y otros (1983), describen la deficiencia de Azufre en palma de aceite de la siguiente manera. Al inicio de la deficiencia o cuando se presenta muy leve, los síntomas son muy parecidos a los que genera una deficiencia de Nitrógeno (N), por ello es fácil confundirla en el campo. Si se tienen suelos deficientes en Azufre y se ha tomado para llenar las bolsas del vivero, las plantas desarrollarán la sintomatología entre los 5 a 6 meses de vivero. En este caso se desarrollan bandas cloróticas intervenales en las hojas más jóvenes, lo cual se observa muy bien al trasluz. Se anota que esta clorosis es menos espectacular hacia la nervadura central de la hoja. El problema se incrementa rápidamente y más o menos al mes ya se observa con mucha claridad. También se podrá observar que muchas de las nervaduras pueden permanecer verdes y oscuras con una ligera decoloración hacia al ápice; más tarde, todo el limbo de la hoja pasará a un

verde pálido o amarillo pálido en forma de bandas, permaneciendo las venas de color verde, aunque más tarde pueden perder ese color verde. Si la deficiencia persiste, se pueden generar lesiones necróticas en los sitios más avanzados. Por lo general las hojas más viejas pueden mantener su color verde normal o solo presentar una ligera clorosis intervenal. Ello se debe a que el Azufre no es móvil dentro del sistema de la palma de aceite.

Según Hubt y Keimmier, cuando la deficiencia se genera en palmas adultas, la sintomatología tiende a confundirse con la deficiencia de Nitrógeno, por su gran semejanza. Se notará una clorosis o decoloración en las hojas, debido a la deficiencia en la formación de clorofila. Es de anotar que la deficiencia se genera en las hojas más jóvenes, ya que el Azufre es muy poco móvil dentro del sistema de la palma. Si la deficiencia persiste, las palmas retardan su crecimiento y afecta la producción de frutos.

Malavolta y otros, dicen que la deficiencia de Azufre en palma de aceite, tiene su efecto porque acumula aminoácidos y otros compuestos solubles de Nitrógeno por la falta de síntesis de las proteínas en la palma.

Ortiz y Fernández (1.993), indican que una deficiencia de Azufre en palma de aceite se manifiesta por reducirse el crecimiento y generarse una leve clorosis en las hojas más jóvenes.

Una deficiencia de Azufre en la palma de aceite aumenta el índice de afección de Cercospora, lo cual va en detrimento de la producción.

En la Costa Atlántica colombiana se han detectado suelos con deficiencias de Azufre, aunque las plantaciones aún no generan los síntomas de esta deficiencia, posiblemente por el uso del Sulfato de Amonio y el sulpomag, como fuentes de Nitrógeno, Magnesio y Potasio, respectivamente.

LOS REQUERIMIENTOS DE AZUFRE POR PALMA DE ACEITE

El Azufre ha sido un elemento muy poco estudiado en palma de aceite.

Se conoce que el requerimiento de Azufre para palma de aceite es de aproximadamente el doble del Fósforo. El Azufre hace parte esencial de las proteínas y la organización de las grasas (principio del cultivo de la palma de aceite), por ello el uso de fertilizantes diferentes a los sulfatados pueden inducir deficiencias de este nutriente.

En la Costa Norte colombiana, es muy común encontrar plantaciones afectadas por altas concentraciones de Sodio y sales y son precisamente las áreas en donde se generan suelos bajos en Azufre disponible. Por otra parte, se ha encontrado que el uso de fertilizantes potásicos y nitrogenados sulfatados benefician a las plantaciones y mejoran la producción de racimos, mejorando con ello la cosecha.

LAS FUENTES DE AZUFRE MAS FRECUENTES EN PALMA DE ACEITE

Los fertilizantes azufrados o que aportan Azufre a las plantaciones de palma de aceite, los podemos agrupar en dos tipos:

- Los solubles en agua
- Los poco solubles en agua

En el primer grupo tenemos los sulfatos, que tienen su serio problema debido a que se lixivian con gran facilidad, especialmente en aquellos suelos livianos y muy livianos o que se encuentren en áreas de altas precipitaciones pluviales o con riegos de frecuencia estrecha y gran volumen de aplicación. Las fuentes de Azufre solubles en agua son:

EL SULFATO DE POTASIO (K_2SO_4)

Este fertilizante contiene el 18% de Azufre y es una muy buena fuente de Potasio, aunque su costo reduce su uso en palma de aceite, prefiriéndose entonces como fuente de Potasio el Cloruro de Potasio. En suelos con problemas ligeros de Sodio, el Sulfato de Potasio como fuente de Potasio debe ser continuo.

EL SULPOMAG ($K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$)

Este fertilizante es una muy buena fuente de Azufre y lo contiene en un 22%. Este fertilizante además entrega Potasio y Magnesio. En la Costa Norte colombiana el uso de este fertilizante esta bien generalizado.

EL SULFATO DE MAGNESIO O KIESERITA ($MgSO_4$)

En el mercado se consigue como Kieserita, producto alemán, con un contenido de Azufre del 20%. Su precio lo margina un poco en palma de aceite.

EL YESO ($\text{CaSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)

Es una muy buena fuente de Azufre soluble en agua y además contiene Calcio. Esta fuente es usada como correctivo en la recuperación de suelos sódicos.

FUENTES DE AZUFRE POCO SOLUBLES EN AGUA

Entre éstas tenemos las siguientes:

El Azufre elemental o flor de Azufre

Por lo general presenta una pureza entre el 90 al 100%, refiriéndose al material geológico que lo contiene. Puede ser de origen volcánico u obtenerse del refinamiento del petróleo. Es la forma más simple del Azufre, pero es muy poco soluble en agua. El Azufre debe ser transformado a Sulfato (SO_4) para poder ser tomado por las plantas, transformación que requiere de la intervención de los microorganismos del suelo. Para que el proceso sea realizado se deben tener muy buenas condiciones de temperatura, humedad y aireación en el suelo y que el Azufre aplicado tenga una muy buena ganulometría.

EL ZINC EN LOS SUELOS PALMEROS

Dentro de la gama de deficiencias de micronutrientes en palma de aceite, una de las menos notoria es la de Zinc (Zn), aunque en la Costa Norte colombiana se han presentado en suelos con un pH superior a 8.2, en donde el Calcio es elevado o el Sodio activo se presenta en exceso.

El elemento Zinc se presenta en el suelo como catión divalente y de esta manera penetra en la micela del suelo, ya sea orgánica o inorgánica. También el Zinc forma compuestos complejos quelatados, que son fácilmente tomados por la palma cuando así lo requiere. Parece que las cantidades de Zinc muy bajas en el suelo no afectan al cultivo de palma, debido posiblemente a que sus requerimientos son muy bajos.

Existen algunas condiciones edáficas que afectan la disponibilidad del Zinc por parte de la palma, entre estas tenemos:

- El pH o reacción del suelo. La disponibilidad del zinc es inversamente proporcional a los valores del pH del suelo, a medida que se pasa de pH neutro (6.6 a 7.3) y se entra en la zona de salinidad y alcalinidad, las cantidades del Zinc bajan considerablemente para el cultivo.
- Malavolta (1.994), ha encontrado que existe una correlación negativa entre el Fósforo y el Zinc del suelo, de tal manera que en suelos con altos contenidos en Fósforo o en donde se han realizado altas aplicaciones de Fósforo el Zinc baja considerablemente. Es por ello que en suelos ácidos al aplicar Fósforo, el Zinc se deprime y por tanto se vuelve deficiente.
- Las arcillas del suelo también inciden en la deficiencia del Zinc, ya que éstas lo pueden retener tan fuerte que prácticamente no llega a ser disponible para las palmas.

EL ZINC Y SU FUNCIÓN EN LA PALMA DE ACEITE

Es bien conocido que el Zinc interviene directamente en la síntesis de las auxinas, que son sustancias que regulan los puntos de crecimiento en las palmas, tanto yemas terminales foliares, como yemas terminales radicales. También se ha encontrado el elemento participando en el metabolismo de las palmas, activando diversas enzimas, por ello podemos asegurar que es un elemento que interviene muy activamente en la nutrición vegetal.

SÍNTOMAS DE LA DEFICIENCIA DE ZINC EN PALMA

Normalmente la deficiencia de Zinc en palma de aceite es de difícil diagnóstico en el campo y en cualquier parte del mundo.

En algunos casos palmas ubicadas en parches sódicos o con una alta salinidad, han generado una sintomatología muy parecida a la deficiencia de Boro (raya blanca), pero no desaparece con aplicaciones de este elemento, más sí se ha podido controlar con aplicaciones de Zinc, por ello se ha asociado con los síntomas de deficiencia de Zinc, Canchano. E.

Autores como Turner (1981) y Singh (1988), asocian el síntoma conocido como "peat yellows" con los desórdenes producidos por la deficiencia de Zinc y han demostrado que con aplicaciones foliares de Zinc se corrige.

LAS FUENTES DE ZINC MÁS USADAS EN PALMA

Son muchas las fuentes de Zinc que pueden usarse en palma de aceite actualmente, ya sea como polvo, granulado o líquidos, solo o mezclado con otros nutrientes.

EL SULFATO DE ZINC ($ZnSO_4$)

Este fertilizante contiene hasta un 28% de Zinc y es una muy buena fuente para uso edáfico especialmente.

EL ÓXIDO DE ZINC (ZnO)

Este producto se encuentra muy comúnmente en el mercado y su concentración puede ser de hasta un 70% de Zinc. Su uso es bastante limitado como fuente de Zinc.

Dentro del grupo de los sulfatos de Zinc, se conocen:

- El Sulfato de Zinc agrícola con un 30% de Zn
- El Sulfato de Zinc heptahidratado con un 22% de Zn

EL QUELATO DE ZINC

Son productos complejos órgano-minerales, los cuales tienen la propiedad de transportar muy bien elementos como el Zinc y además, son muy asimilables por las plantas y en forma muy rápida. Se encuentran en el mercado.

Aunque aplicaciones axilares en palma solo se hacen para el Boro, podría ser una alternativa para aplicar Zinc, aunque también se podría aplicar por vía radicular directa, si el problema es muy serio.

En la actualidad en el mercado de los fertilizantes se conocen muchas presentaciones que ofrecen el Zinc para las palmas, lográndose seleccionar según las exigencias.

EL BORO EN SUELOS PALMEROS

Por lo general, en la zona palmera de la Costa Norte colombiana, las cantidades de Boro en el suelo son bajas, con respecto a las necesidades y exigencias de este cultivo. Estas deficiencias vienen a inducir en palma de aceite un deficiente desarrollo radicular y especialmente a altura de pelos absorbentes, lo que genera una mala asimilación y aprovechamiento de los nutrientes aplicados cada año.

Por investigaciones y experiencia de campo, conocemos que las concentraciones de Boro en los suelos de la Costa Norte colombiana son bajas y que las plantaciones responden a su aplicación en forma rápida y eficiente.

En el suelo el Boro se encuentra como un ión intercambiable, pero siempre fijado a los coloides, ya sean orgánicos o inorgánicos. En la solución del suelo lo encontramos como H_3BO_3 y como $B(OH)_4$. Por otra parte, en suelos con un pH bajo (suelos ácidos) y en zonas de alta precipitación pluvial (suelos húmedos), en suelos de textura liviana, con arenas gruesas y en aquellos con gran deficiencia de materia orgánica, lo normal es que tengan problemas por sus contenidos bajos en Boro.

El manejo del suelo palmero es indispensable para la disponibilidad del Boro o su fijación, ya que ello puede suceder según las oscilaciones del pH; de tal manera que a pH bajo, el Boro disponible es bajo y a pH alto el Boro será alto; pero el hecho de presentarse alto, no indica siempre que se encuentre asimilable para las plantas, ya que si el pH es alto y se presenta un exceso de Calcio, se formarán compuestos poco solubles de Boro y Calcio y lo mismo sucede en aquellos suelos que presentan un exceso de Hierro y aluminio, en donde se formarán hidróxidos con el Boro que lo inmovilizan. El contenido de Boro en los suelos tropicales oscila entre 5 a 150 ppm, aunque en suelos ferrolíticos es de 0.1 a 0,5 ppm. El contenido de Boro aprovechable en los suelos es solo de 0.1 a 2.5 ppm y por ello es de esperar deficiencias de Boro en aquellos suelos con contenidos entre 0,3 a 0,5 ppm.

Se conoce que el Boro es el elemento que más se combina con la materia orgánica, para luego ser liberado por el metabolismo de los organismos. Es necesario tener en cuenta que la liberación se ve afectada por la sequía del suelo. El Boro es problema por deficiencia en las épocas secas o en zonas sin riegos o deficientes del mismo y bajas precipitaciones pluviales.

Según Lucas y Knezek (1972), el Boro es deficiente en los fluvents (aluviales), spodosol (podsoles), histosoles (orgánicos), udipsaments (regosoles) y los haplaquepts (gley húmico bajo) y muy especialmente en aquellos suelos con textura gruesa (F.Ag-AgF), suelos bajos en materia orgánica, suelos con pH cercano a neutro, suelos alcalinos, suelos ricos en Calcio y con una relación Ca/B mayor de 600, en aquellos suelos altos en Potasio y con una relación K/B mayor de 200 y suelos altos en Nitratos y bajos en Fósforo.

SÍNTOMAS DE LA DEFICIENCIA DE BORO EN PALMA DE ACEITE

El Boro es de muy baja movilidad dentro del sistema de la planta y por ello las deficiencias se notarán en las hojas más jóvenes. El cuadro sintomatologías es bastante rico, dependiendo de las diferentes fases en el proceso de desarrollo de la deficiencia.

Los síntomas más comunes de la deficiencia de Boro son los siguientes:

Punta de cerda: Se notará en el ápice de la hoja en donde debería estar el foliolo, el reemplazo de éste por un grupo de cerdas largas que salen de la punta del raquis o nervadura central de la hoja.

Hoja mal formada: En este caso los folíolos han sufrido fasciación e inhabilidad en su expansión y por ello se genera una deformación muy visible. Los folíolos no crecen lo normal y su área foliar es más reducida.

La hoja pequeña: Se observa que las hojas más jóvenes reducen su tamaño y los folíolos son muy deformados; aún puede quedar únicamente con la nervadura central y los folíolos más apicales no se desarrollan.

La hoja en espina de pescado: Los folíolos disminuyen su tamaño y son muy rígidos, muy angostos y muy separados unos de otros, dando el aspecto o semejanza de un espinazo de pescado.

En términos generales una deficiencia de Boro reduce las producciones considerablemente y no solo en racimos, sino en peso del mismo y número de pepas. Como se comentó anteriormente la deficiencia de Boro es la más rica en sintomatología y por ello la más fácil de detectar en el campo.

EL BORO EN LA PALMA DE ACEITE

Aunque el papel del Boro en el metabolismo de las palmas no es muy claro, se conoce que participa en el transporte de las azúcares, y se sabe que es esencial en la formación de las paredes celulares.

En palma de aceite la producción de flores y por ende la de frutos son afectadas por una deficiencia de Boro. Las palmas toman el Boro como H_3BO_3 y $B(OH)_4$ y no es translocable dentro de su sistema vegetativo, es decir, no puede pasar de un sitio a otro después de ser utilizado.

EL REQUERIMIENTO DE BORO POR LA PALMA DE ACEITE

Owen. E, indica que en suelos con 0,14 p.p.m de Boro inicial en los Llanos Orientales colombianos, la palma responde durante el primer año del transplante. Por otra parte, Canchano E encontró que en algunos suelos de Costa Norte colombiana, dosis de bórax de 70 a 100 gramos por palma en suelos con menos de 0.16 p.p.m de Boro dan buena respuesta, manifiesta en producción en palmas de 8 a 10 años de edad. El mismo autor indica que como norma general en la Costa Atlántica colombiana palmas con menos de 11 p.p.m de Boro en la hoja 17 se deben mantener con 70 gramos de Bórax del 25% semestralmente.

Los niveles críticos para Boro en suelos minerales, según Lora, son de menos de 0,20 p.p.m y según Marín, son de 0.30 p.p.m.

LAS FUENTES MÁS USADAS DE BORO

Existe actualmente en el mercado una gama de productos portadores de Boro (B) y que pueden ser usados como fuentes de este nutriente en palma de aceite. Entre estos tenemos:

El Bórax ($Na_4B_4O_7 \cdot 10H_2O$): Contiene el 11.3% de Boro y es una fuente muy soluble del nutriente. Se usa en palma de aceite con buenos resultados y es de fácil consecución en el mercado.

Se conoce bórax en otras concentraciones y con presentación líquida o sólida, entre las que se tienen:

- Bórax del 35% de B_2O_2 Altamente soluble
- Bórax 46 del 46% de B_2O_2 Altamente soluble

- Bórax 65 del 65% de B_2O_2 Altamente soluble

El Borato de Calcio: Contiene un 32% de B_2O_2 y Calcio. Es un producto de baja solubilidad.

El Solubor: Contiene un 69% de B_2O_2 y es un producto altamente soluble.

El Ácido Bórico. (H_3BO_3): Contiene el 17% de Boro. Es una buena fuente soluble de Boro, pero de uso muy escaso en las plantaciones de palma de aceite de la Costa Norte colombiana. Es un producto que se encuentra sin dificultad en el mercado.

Existen otras fuentes de Boro, por lo general líquidas en el mercado, entre las que se encuentran los quelatos.

FORMAS DE APLICACIÓN DEL BORO EN PALMA DE ACEITE

Es mucho lo que se ha discutido sobre la aplicación del Boro en palma de aceite, y ello sobre la posibilidad de aplicarlo al suelo o a la axila, solo o mezclado con otros fertilizantes. Se conocen trabajos en palma de aceite realizados por Canchano E y otros, que demuestran que las aplicaciones de Boro al suelo son más efectivas que las aplicaciones axilares, aunque estas últimas generan una respuesta más rápida.

En palma de aceite el Boro deberá ser aplicado al suelo, y muy junto al sistema radicular, en contacto con él, manteniendo los suelos con un buen grado de humedad, con lo cual se encuentra una respuesta adecuada y por largo tiempo, lo que no se consigue cuando se aplica en la axila.

Se conoce que las plantas de edad adulta con 6 a 8 p.p.m de Boro en la hoja 17 al tratarse con Boro en el suelo, llegan a concentrar hasta 15 p.p.m en la hoja 17 al cabo de tres meses y mantienen esta concentración hasta los seis meses, decreciendo paulatinamente.

La experiencia indica que las aplicaciones de Boro al suelo, inciden en un buen desarrollo radicular, con lo que se consigue una mejor exploración de la masa de suelo por parte de la palma y una mejor asimilación de nutrientes y del agua.

EL COBRE EN SUELOS PALMEROS

El Cobre es el micronutriente que menos se manifiesta como deficiente en el cultivo de palma de aceite. Se conoce según Lucas, que el Cobre reacciona bien con la materia orgánica, originando compuestos insolubles que no son asimilables por las plantas.

LA FUNCIÓN DEL COBRE EN PALMA DE ACEITE

Posiblemente una de las funciones más importante del Cobre en la palma de aceite es la de ser constituyente de varias enzimas (Bear 1.978). Interviene en el proceso normal de la fotosíntesis (Delvin 1.982). Es un elemento de mucha importancia en la reproducción, formación de semilla y producción de clorofila, pero también actúa como catalizador en ciertos procesos de las plantas (Bear 1.978). El Cobre es absorbido por la planta como ión Cobre (Cu) (Sarasola y Roca 1.975).

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE COBRE EN PALMA DE ACEITE

En Vivero: En vivero los síntomas normalmente aparecen después del cuarto mes de sembradas las palmitas. Se observará que el crecimiento se retarda, es decir se detiene en forma repentina. Aparecen en la hoja bifurcada más jóvenes unas manchas amarillas. Al crecer las palmitas y tener hojas ya con foliolos, aparecerá la clorosis en los foliolos, iniciándose por el ápice o punta en la mitad superior, especialmente en las hojas más jóvenes, permaneciendo las hojas más viejas de color verde normal. (Pacheco y Taillies 1986) (Wanasuria y Gales 1989).

En el campo: En el campo la deficiencia de Cobre se manifiesta por la aparición de rayas intervenales cloróticas, que pueden ser verde pálido hasta blancuzcas y es muy propia de los foliolos de las hojas más jóvenes. Por lo general, la clorosis se puede observar desde el ápice del foliolo hasta 5 a 7 cm de la base. Si la deficiencia no es corregida, aparecerán entonces dentro de las rayas cloróticas unas pecas o manchas amarillas, que con el tiempo de acentúan y se unen, generando unas lesiones grandes de color anaranjado pálido. Cuando la deficiencia aparece, se genera en palmas adultas, los foliolos de las hojas más jóvenes se acortan, generando el denominado techo plano de la palma. Además, sacando la flecha y la primera hoja, se genera en el resto de la palma una clorosis generalizada. (Kanapathy 1980; Ng 1972, Wanasuria y Gales 1989).

EL COBRE EN LOS SUELOS PALMEROS

Se estima que los contenidos de Cobre total en los suelos tropicales oscilan entre 10 a 150 p.p.m de Cu y que la parte disponible oscila entre las 10 y 50 p.p.m de Cu (Malavolta y otros).

En el suelo el Cobre se encuentra acompañado con otros elementos formando compuestos, especialmente con los minerales de Sílice. También se puede encontrar en forma elemental pero adherido a las arcillas o formando sales insoluble o solubles y/o compuestos orgánicos de Cobre. El Cobre se encuentra prácticamente inmóvil en el suelo (Bergeaux).

Los suelos que pueden generar deficiencia de Cobre son los que presentan una o varias de siguientes características:

- Suelos de textura gruesa
- Suelos bajos en materia orgánica
- Suelos con pH cercano al neutro
- Suelos alcalinos
- Suelos altos en N, P, Zn o Mn
- Suelos ácidos

El Cobre reacciona fácilmente con la materia orgánica, formando compuestos insolubles para las palmas (Lucas y Knezek).

Las concentraciones de Cobre varían según el tipo de suelo así:

- En suelos minerales oscila entre 4 a 6 p.p.m
- En suelos orgánicos oscila entre 20 a 30 p.p.m (Bowen y Kratky)

Según estudios de Owen E, en todas las subregiones y regiones colombianas el Cobre no es problemático para palma de aceite. En la Zona Bananera de Santa Marta es alto y se encuentran áreas con hasta 84 veces cantidades más altas de Cobre que el requerido por la palma, ello se debe al uso frecuente del caldo bordeles en las antiguas bananeras instaladas allí. Pero tampoco se ha notado toxicidad por Cobre en palma de aceite en estas áreas.

En zonas arroceras y potreros en la Costa Atlántica colombiana, hoy usadas en palma de aceite, sin llegar a ser bajo, el Cobre no alcanza los niveles indicados por Owen. (E. Canchano).

En suelos bien dotados de materia orgánica se tiene la ventaja de que el Cobre se une muy fácilmente con ella y lo elimina de la solución del suelo, con lo que se evita la toxicidad por Cobre en palma de aceite (Cordero y Ramírez).

Las deficiencias de Cobre se ven favorecidas en suelos con altas aplicaciones de Fósforo y/o de Nitrógeno, pero se beneficia con altas aplicaciones de Cloruro de Potasio

REQUERIMIENTO DE COBRE POR PALMA DE ACEITE

La palma de aceite requiere cantidades adecuadas de Cobre en los suelos en donde crece, ya que una deficiencia en sus primeros años de vida induce enanismo o raquitismo y clorosis por una parte, y por otra, en la época de producción reduce la formación de la semilla en los racimos.

Según Knapathy, en los suelos orgánicos el nivel crítico de Cobre para palma de aceite es de menos 1.5 p.p.m. Lora, nos indica que en suelos minerales el nivel crítico de Cobre para la palma de aceite es de menos 1,0 p.p.m.

FUENTES DE COBRE PARA PALMA DE ACEITE

La gama de productos en el mercado es amplia y con facilidad podemos encontrar los siguientes:

EL SULFATO DE COBRE (CuSO₄)

Este producto contiene un 22,5% de Cobre (Cu) y es de alta solubilidad. Se puede aplicar al suelo o en forma foliar. Es muy recomendado para plantaciones orgánicas.

EL OXIDO DE COBRE (CuO)

Este producto contiene entre el 60 y el 86% de Cobre (Cu), pero tiene el inconveniente de su baja solubilidad. Se puede aplicar al suelo o en forma foliar.

EL CARBONATO DE COBRE (CuCO₃)

Este producto es muy frecuente en el mercado y contiene hasta un 52% de Cobre (Cu), pero tiene el inconveniente de la baja solubilidad en agua. Puede usarse edáfica o foliarmente.

Existen otras fuentes de Cobre de tipo líquido o sólido en el mercado y bajo diferentes presentaciones, las cuales pueden ser usadas en palma de aceite. Entre estas fuentes encontramos como importante los quelatos.

El Cobre es poco móvil en el suelo, por ello se debe aplicar muy cerca de las raíces funcionales o por vía foliar. En suelos no orgánicos, para que el Cobre en forma de sales inorgánicas penetre al suelo, se debe aplicar con un acompañante o transportador, que puede ser el Nitrógeno (Bowen y Kratky).

EL HIERRO EN SUELOS PALMEROS

El Hierro es un elemento prácticamente sin uso en los programas de fertilización de la palma de aceite, debido a que los requerimientos, aunque son altos comparados con los de Zn, Cu y B, pueden ser suplidos por los mismos suelos sin ningún tipo de problema.

FUNCIONES DE HIERRO EN PALMA DE ACEITE

En palma de aceite el Hierro es requerido para la producción de clorofila verde, aunque no lo encontramos formando parte de esta molécula. Interviene en el proceso de la respiración, porque actúa en los mecanismos enzimáticos que tienen que ver con este proceso.

El Hierro forma compuestos que tienen gran influencia en las reacciones que actúan en la división y crecimiento celular de la palma (Bear).

El Hierro es tomado por las plantas como ión Fe, aunque la forma ferrosa es la forma metabólicamente activa (Delvin).

El Hierro es muy poco móvil dentro de la palma o sea que no es translocado de un sitio a otro, de tal manera que la deficiencia del elemento se debe manifestar en las hojas más nuevas (Sarascola y Rocca).

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIAS DE HIERRO EN PALMA DE ACEITE

En palma de aceite la deficiencia de Hierro se debe presentar en las hojas más nuevas o jóvenes, ya que este elemento no es translocable dentro del sistema de la palma o sea transportado de las hojas más viejas a las nuevas. Aunque en los campos es difícil encontrar deficiencia de Hierro

para palma de aceite, puede ser observada con mayor persistencia en la época seca y al inicio de la temporada invernal, porque el Hierro no alcanza a ser absorbido durante la época seca y cuando se genera un aumento en el crecimiento y la producción de la fruta. En muchos casos la absorción y el transporte del Hierro no logra satisfacer la demanda de la palma porque es muy deficiente en el suelo.

No se conocen con claridad las características típicas que presenta la palma de aceite en el campo al estar sometida a una deficiencia de Hierro (Fe). En cultivos de experimentación realizados en arena y materas, la deficiencia de Hierro se manifiesta por medio de un amarillamiento o blanqueado pálido, clorosis que abarca a todas las hojas nuevas de la palma. El color de la clorosis puede ser un verde pálido a amarillo blancuzco, más tarde y si la deficiencia no es corregida, se pueden necrosar los ápices de los folíolos, el crecimiento se detiene y la palma puede morir.

EL HIERRO EN EL SUELO PALMERO

La disponibilidad del Hierro para palma de aceite, está muy ligada al pH o reacción del suelo. En suelos ácidos, el Hierro se encuentra en forma libre y es fácilmente tomado por la palma. En suelos neutros y alcalinos, el Hierro se insolubiliza y puede presentarse deficiente. En suelos con buen drenaje, la cantidad de Hierro intercambiable en la solución del suelo es bastante pequeña, pero en suelos con un drenaje deficiente el Hierro intercambiable es alto.

La deficiencia de Hierro se puede presentar en suelos bajos en Hierro total, en suelos alcalinos con pH de 8,0 o más, suelos altos en Carbonato de Calcio libre y Bicarbonato alto o en suelos altos materia orgánica o altos en Fósforo, Nitrógeno, Manganeso, Cobre o Zinc (Lucas y Knezek) (Malavolta y otros).

Bajo condiciones de baja aireación, causada por un exceso de humedad y compactación del suelo, existirán condiciones anaeróbicas con un potencial alto de oxidoreducción, que acondiciona la forma del Manganeso, que viene a competir con el Hierro (Bowen y Kratky).

En zonas en donde el clima es afectado por temperaturas extremas, los suelos presentarán más deficiencia de Hierro (Lucas y Knezek).

En Colombia en todas las regiones palmeras el contenido de Hierro es alto.

Los contenidos de Hierro de los suelos palmeros en Colombia oscilan desde 150 a 500 p.p.m, dándose valores medios para la Costa Atlántica.

El valor crítico para Hierro en los suelos palmeros es de 20 p.p.m.

REQUERIMIENTO DE HIERRO POR LA PALMA DE ACEITE

En los suelos palmeros el contenido de Hierro deberá estar por encima de las 20 p.p.m, con lo cual se obtienen muy buenas cosechas y no se generarán deficiencias de este micronutriente.

En los suelos alcalinos se presentan deficiencias de Hierro y para corregirlas se recomienda la aplicación de quelatos, aplicación en banda, en vez de una fuente inorgánica (Berdeaux).

Al aplicar sales solubles de Hierro como el Sulfato de Hierro (FeSO_4), el Hierro reacciona en el suelo y pasa a formas insolubles.

En Colombia y en especial en la costa norte, no se tienen experiencias con aplicaciones de Hierro por el momento, ya que este elemento no se usa en los programas de fertilización de palma. El Hierro, según los análisis foliares y los de suelo, no es problema en esta región.

FUENTES DE HIERRO PARA PALMA DE ACEITE

En zonas en donde el Hierro sea problema, se podría usar alguno de los siguientes productos que a continuación indicamos como fuentes de Hierro para palma de aceite:

EL SULFATO DE HIERRO (FeSO_4). $7\text{H}_2\text{O}$

Este producto contiene entre el 19 al 23 % de Hierro. Es de uso muy común en agricultura y se aplica en forma edáfica, aunque también puede usarse en forma foliar en solución del 2 al 3%.

LOS QUELATOS DE HIERRO

Por lo general presentan una concentración entre el 5 al 14% de Hierro. Son productos muy eficientes para corregir las deficiencias de Hierro en cualquier cultivo. Es fácil conseguirlo en el mercado.

En la actualidad existe una gama de elementos con presentación granulada, polvo o líquida en el mercado y que son fuentes de Hierro. Productos de casas comerciales muy conocidas y que podrían ser de utilidad en palma de aceite.

EL MANGANESO EN PALMA DE ACEITE

En Manganeso es un micronutriente requerido por la palma de aceite en cantidades bastante elevadas, si se le compara con otros micronutrientes como el Zinc, el Boro, el Cobre o el mismo Hierro. En los suelos de la Costa Norte colombiana el Manganeso se encuentra aún en cantidades suficientes para el cultivo.

FUNCIONES DEL MANGANESO EN LA PALMA DE ACEITE

Como en toda planta, en palma de aceite el Manganeso se encuentra en mayor concentración en los puntos fisiológicamente activos. (Sarasola y Rocca).

El Manganeso es un elemento muy importante como factor activador de las funciones enzimáticas, como la oxidoreducción, la hidrólisis, las transferencias de grupos y la transformación de los carbohidratos. Este elemento es el ión metálico predominante en el metabolismo de los ácidos orgánicos y además activa la reducción de Nitratos e Hidroxilamina a Amonio (Bear).

El Manganeso es factor esencial en los procesos de la respiración y el metabolismo del Nitrógeno. En dos casos actúa como un activador de enzimas (Delvin).

Parece que el Manganeso tiene una función directa e indirecta en el cloroplasto, por ello afecta la síntesis del pigmento verde de la clorofila (Bear).

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE MANGANESO EN PALMA

Los síntomas de deficiencia de Manganeso en palma de aceite se observan en las hojas más jóvenes, las cuales presentan un amarillamiento y reducción en su crecimiento. Las hojas afectadas presentan en sus puntas o ápices un rizado o crespado, mostrándose bastante apretadas. Si no se corrige esta deficiencia la palma puede morir.

Owen E, reporta que la deficiencia de Manganeso se genera en las hojas más jóvenes o nuevas, presentándose una clorosis del ápice hacia la base, tanto del foliolo como de la hoja y siempre acompañada por un acortamiento del limbo y una necrosis posterior del ápice hacia la base, reduciéndose el tamaño de la hoja.

En la Costa Norte colombiana la deficiencia de Manganeso no se ha podido encontrar en el campo, posiblemente debido a los contenidos del elemento en el suelo.

EL MANGANESO EN LOS SUELOS PALMEROS

En los suelos del trópico el Manganeso se encuentra entre el rango de 200 a 3.000 p.p.m (Malavolta y otros). Sin embargo, el contenido del elemento disponible es menos de 1,0 p.p.m para las plantas. La mayor cantidad disponible de Manganeso se genera en los suelos con pH entre 5,0 a 6,5 (Bergeaux).

Normalmente encontramos suelos deficientes en Manganeso por una o varias de las siguientes razones:

- Suelos derivados de material parental bajo en Manganeso
- Suelos neutros o alcalinos (pH > 6.5)
- Suelos altos en Hierro, Cobre o Zinc
- Suelos altos en materia orgánica
- Suelos mal drenados (Histosoles, Aquods, Udipsamments, Haplaquepts (Lucas y Knezek).

El Manganeso presenta problemas en épocas de verano y aún más si el cultivo no tiene eficiente riego. Los microorganismos también tienen influencia, ya que en épocas húmedas aceleran la actividad y transforman el Manganeso de soluble a insoluble, quedando no aprovechable por las palmas. También se conoce que las bajas intensidades de luz solar generan deficiencias de este nutriente.

El Manganeso existe en el suelo bajo tres formas o estados, con diferentes valencias, Mn (+2), Mn₂O₃ (+3) y MnO₂ (+4). La forma más abundante es la Mn (+2).

EL REQUERIMIENTO DE MANGANESO POR LA PALMA

La palma de aceite exige más Manganeso que Boro, Zinc, Cobre y el mismo Hierro, pero debido a que por lo general los suelos palmeros se encuentran bien dotados de este nutriente (más de 5 p.p.m) no se manifiestan las deficiencias tan espectacularmente como en el caso de Boro.

EL NIVEL CRÍTICO DEL MANGANESO ES DE 5 P.P.M (LORA)

Schorrocks, recomienda aplicar Manganeso, en suelos minerales, a la palma en el follaje, de la misma manera Eschbach recomienda aplicarlo en las axilas.

Browen y Kratky, recomiendan aplicar el Manganeso al suelo e indican que debe usarse un transportador de tipo acidificador, como el caso del Nitrógeno. La aplicación puede hacerse en banda o en corona. De la misma manera estos autores recomiendan, que al usarse Manganeso se debe aplicar en bandas, pero en suelos orgánicos no debe usarse el quelato.

MATERIALES QUE PROPORCIONAN MANGANESO A LA PALMA

En el mercado se encuentra una gama bastante amplia de productos que son fuente de Manganeso y que pueden usarse en palma de aceite. Es de recordar que Manganeso no ha sido o ha tenido muy poco manejo en los suelos palmeros de Colombia, por ello lo más recomendable es hacer investigación con diferentes fuentes, dosis y épocas de aplicación, así como el método de aplicación, antes de hacer aplicaciones extensivas con este micronutriente.

Entre los productos comerciales más conocidos tenemos los siguientes:

EL SULFATO DE MANGANESO ($MnSO_4$)

Este producto contiene entre el 26 y el 28% de Manganeso elemental. Es el producto más comúnmente usado, tanto edáfico como foliarmente y no solo en palma de aceite, sino en otros cultivos como los cítricos. Presenta una buena solubilidad en agua y es de fácil manejo.

EL ÓXIDO DE MANGANESO (MnO)

Este producto, que se encuentra en el mercado con una concentración del 30 al 65%, dependiendo de la casa comercial que lo venda. Pero tiene el

inconveniente de su baja solubilidad en agua, lo cual lo margina del uso agrícola.

EL CLORURO DE MANGANESO (Cl_2Mn)

Este producto se encuentra en el mercado con una concentración del 43% de Manganeso y se ha considerado de baja solubilidad en agua. Tiene el problema del Cloro que en un momento puede ser perjudicial a la palma. Es de muy poco uso en agricultura.

EL CARBONATO DE MANGANESO (MnCO_3)

Presenta una concentración entre el 27 y el 46% de Manganeso, por ello es grande la gama dependiendo de la concentración. Se considera un producto de baja solubilidad en agua y es poco usado en agricultura.

LOS QUELATOS DE MANGANESO

Los quelatos o formas quelatadas de Manganeso, son productos órgano-metálicos que por lo general contienen un 12% de Manganeso y se pueden usar por vía foliar o edáfica. No son recomendados en suelos orgánicos, en cuyo caso solo se podrán usar por vía axilar. En la actualidad son de uso muy frecuente, no solo en palma de aceite sino en otros cultivos para corregir deficiencias de Manganeso.

EL MOLIBDENO EN PALMA DE ACEITE

Este micronutriente parece tener una gran importancia en la palma de aceite. Es el micronutriente que en menor cantidad se encuentra en el suelo y además es translocable dentro de la palma.

IMPORTANCIA DEL MOLIBDENO EN PALMA DE ACEITE

El Molibdeno es uno de los micronutrientes que presenta movilidad dentro de la palma de aceite, por ello se puede translocar de las hojas viejas a las nuevas, según lo exija el momento.

Parece que el Molibdeno se requiere en la palma para la formación de la enzima nitroreductaza, que se encarga de reducir el Nitrato a Amonio den-

tro de la palma. Este nutriente también interviene en el metabolismo del Fósforo (Devlin)

EL MOLIBDENO EN LOS SUELOS PALMEROS

El Molibdeno es el micronutriente menos abundante en los suelos tropicales, llegando su concentración a estar entre 0,2 a 5,0 p.p.m.

Bowen y Krotky (1983), encontraron que el Molibdeno disponible para las plantas está entre 0.2 a 1.0 p.p.m, aunque en algunos suelos volcánicos puede tener concentración de hasta 300 p.p.m.

Malabolta (1962), indica que suelos con menos de 1.0 p.p.m de Molibdeno, ya pueden generar deficiencias del nutriente a nivel folia. De la misma manera, otros autores han trabajado con este nutriente y tienen otras opiniones.

Lucas y Kenezek (1972), reportan que en general se pueden generar deficiencias de Molibdeno en los siguientes casos:

- Suelos derivados de un material pobre en Molibdeno, tales como: Udipsamments, Spodosol, Histosaol.
- También en aquellos suelos que presentan alto contenido de Hierro, como en el caso de los Aquods.

Bowen y Kratky (1983), reportan que la deficiencia de Molibdeno se acentúa en suelos con textura gruesa (liviana), con altos tenores de Manganeso, Cobre o de Azufre y con un pH menor de 5,50.

En Colombia el Molibdeno a sido poco estudiado en palma de aceite, posiblemente, porque se encuentra aún en cantidades suficientes en este tipo de suelos.

Se anota, que anormalmente a lo que sucede con el Boro, Hierro, Manganeso y Zinc, la disponibilidad de Molibdeno aumenta a medida que el pH se eleva en el suelo.

Fassbender (1.985), indica que el Molibdeno es absorbido por las plantas en forma de anión molibdato (MoO_4).

Devlin (1982), reporta que el Molibdeno en los suelos se encuentra en tres formas: no intercambiable, intercambiable y en la solución del suelo. La cantidad de Molibdeno en la solución del suelo es muy baja.

SINTOMATOLOGIA DE LA DEFICIENCIA DE MOLIBDENO EN PALMA DE ACEITE

Es un hecho muy real que no se haya reportado información sobre síntomas de deficiencia por Molibdeno en palma de aceite; cosa parecida sucede para otro cultivo importante, banano. Por lo anterior, no se ha podido definir cual sería el aspecto fisiológico de las palmas bajo esta deficiencia en el campo o el invernadero. Este hecho amerita mucha investigación, en ambos cultivos.

REQUERIMIENTO DE MOLIBDENO POR PALMA DE ACEITE

Las necesidades de Molibdeno por palma de aceite son bastante bajas. Se conoce que a nivel foliar la palma solo requiere de 0.5 a 1.0 p.p.m (hoja 17), con lo cual genera una buena producción.

En suelos neutros o ácidos, el Molibdeno tiende a disminuir, por ello se puede esperar deficiencia de este elemento bajo estas condiciones edáficas.

FERTILIZANTES QUE APORTAN MOLIBDENO A PALMA DE ACEITE

Actualmente en el mercado existe una gama de productos que son fuente de Molibdeno y que pueden ser usados en palma de aceite, si se presenta la deficiencia en el campo. Entre estos productos tenemos:

MOLIBDATO DE AMONIO ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$)

Se encuentra en el mercado con una concentración del 56% de Mo y presenta una alta solubilidad en agua. Este producto se puede usar tanto edáfica como foliarmente.

EL MOLIBDATO DE SODIO ($\text{Na}_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$)

Se encuentra este producto en el mercado con una pureza del 39-46 % de Mo y es de alta solubilidad; pero tiene el problema de que lleva Sodio, el cual puede inducir problemas a la palma.

EL OXIDO DE MOLIBDENO (MoO_3)

Este producto se encuentra en el mercado con una pureza entre el 47 y el 60%, pero tiene el inconveniente de su baja solubilidad.

En la actualidad en el mercado se encuentran los productos quelatos de muy buena calidad y de fácil asimilación, cuya concentración depende de la casa comercial que los produce y vende. De todas maneras se pueden usar tanto foliares como edáficamente en palma de aceite.

EL CLORO (CL)

El Cloro es requerido por palma de aceite para poder ejercer ciertas funciones de tipo fisiológico, requeridas en el desarrollo y producción de racimos.

EL CLORO EN EL SISTEMA DE LA PALMA DE ACEITE

Bear (1978), indica que el Cloro parece ser necesario en la palma de aceite y que esta lo requiere en determinadas cantidades.

Taffin y Quendez (1980), indican que palma de aceite, como todas las palmáceas, requiere de Cloro para el control del movimiento estomático y en el control del balance hídrico.

Taffin y Quendez (1980) y Uvexhull (1985), indican que el Cloro es tomado por las palmas como ión Cloro, monovalente negativo. El Cloro se encuentra fundamentalmente en los cloroplastos, savia y el protoplasma de las células. Parece que su función es hacer evolucionar el Oxígeno en el proceso fotosintético que influye en el metabolismo de los carbohidratos y regula el contenido de agua en los tejidos de las palmas.

SINTOMATOLOGÍA DE LA DEFICIENCIA DE CLORO EN PALMA DE ACEITE

La sintomatología de una deficiencia de Cloro en palma de aceite, según Uvexhull (1985), genera un bronceamiento que luego pasa a una clorosis, que más tarde se transforma en un marchitamiento y posteriormente el tejido se necrosa y muere.

Taffin y Quendes (1980), encontraron que la deficiencia de Cloro, genera una reducción en el sistema radicular y por tanto deficiencia en la rata de asimilación de nutrientes.

En la Costa Norte colombiana no se han observado deficiencias ni toxicidad de Cloro en las plantaciones de palma de aceite, a pesar de usarse el Cloruro de Potasio como fuente de Potasio (Canchano E.).

EL CLORO EN LOS SUELOS PALMEROS

En zonas de alta precipitación y con un buen sistema de drenajes, por lo general presentan bajos contenidos de Cloro, ya que es un elemento fácilmente lixiviable y no es retenido por los coloides del suelo (Taffin y Quendez 1980).

Ollagnier (1972), indica que debido a que el Cloro es muy móvil en el suelo, es imposible que se llegue a acumular, por ello el aporte de Cloro a las palmas estará sujeto a la aplicación del fertilizante y a los suministros que entregue el agua de riegos y la lluvia.

En la Costa Norte colombiana, los suelos palmeros parece que contienen suficiente Cloro y este se incrementa con las aplicaciones de Cloruro de Potasio. No se pierde con facilidad por que es una zona relativamente baja en precipitación pluvial y riegos más bien deficientes. En los suelos tenemos el inconveniente que el Cloro unido a los excesos de Sodio activo, genera el Cloruro de Sodio (suelos sódicos), cosa muy normal en estas áreas y palma es muy sensible al Sodio. E. Canchano.

REQUERIMIENTO DE CLORO POR PALMA DE ACEITE

Según Corrado (1988), el Cloro aplicado en los fertilizantes, especialmente Cloruro de Potasio, aumenta el contenido de Cloro en los tejidos de la palma y genera aumentos en la producción y calidad de la fruta, mayor aceite/racimo, mayor almendra/racimo, mayor peso de almendra, mayor peso de racimo y mayor número de racimos por cosecha, pero tiene el inconveniente de reducir el contenido de Potasio.

El Cloro es móvil dentro del sistema de la palma, lo mismo que el molibdeno, y por ello los síntomas de deficiencia aparecerán en las hojas más viejas o bajas de la palma.

Owen E, indica que el Cloro debe aplicarse al suelo.

Los contenidos de Cloro a nivel de suelo, no están muy bien definidos y es por ello que la guía en su requerimiento se da con base al contenido de Cloro en el sistema foliar. Gómez Cuervo (1990) indica que en Idupalma, Colombia, cuando el Cloro baja de 0.5 % en la hoja 17, se debe aplicar Cloro en dosis de 1.000 gramos de Cl/palma/año, para recuperar los niveles de este elemento a nivel foliar.

FUENTES DE CLORURO QUE PUEDEN SER USADAS EN PALMA DE ACEITE

EL CLORURO DE POTASIO (KCL)

Contiene entre el 43 y el 48% de Cloro (Cl) y es una fuente de alta solubilidad, es usado comúnmente como portador de Potasio en los suelos bajo palma de aceite, de allí que indirectamente hace su aporte de Cloro. En la Costa Norte colombiana es muy usado a pesar de encontrarse problemas con Sodio, que unido al Cloro genera suelos sódicos.

EL CLORURO DE CALCIO (CaCl₂)

Tiene una concentración de Cloro (Cl) de entre el 55 al 60% y es una fuente de alta solubilidad, aunque se usa más por el Calcio que por el mismo Cloro. En la Costa Norte colombiana es de poco uso, pero en suelos con deficiencia de Calcio es una buena alternativa.

EL CLORURO DE MAGNESIO (MgCl₂)

Presenta entre el 60 y el 65% de Cloro (C) y es usado más como una fuente de Magnesio que de Cloro. Es un producto de alta solubilidad y muy poco usado en la Costa Norte colombiana.

EL CLORURO DE AMONIO (NH₄CL)

Es un producto muy común que genera entre el 60 y 66% de Cloro (Cl) y además una buena fuente de Nitrógeno Amoniacal. Es una fuente de alta solubilidad. Es un producto de poco uso en la Costa Norte colombiana.

EL SODIO (NA)

Se considera que el Sodio es un micronutriente esencial para el buen desarrollo y producción de palma de aceite. Su importancia es más sobresaliente en los suelos ácidos y en aquellos con deficiencia extrema de Sodio y por otra parte en aquellos suelos con un exceso de este nutriente, ya que es altamente fitotóxico.

En la Costa Norte colombiana, más que esencial es tóxico en muchas áreas para el cultivo de palma de aceite, ya que se encuentra en altas con-

centraciones, lo que lo hace superar el 5% del porcentaje de saturación (PSI), cantidad que ya lo convierte en tóxico.

SINTOMATOLOGÍA DE LA DEFICIENCIA DE Na EN PALMA

No se ha reportado deficiencia de Sodio en palma de aceite hasta el momento, ni en el campo ni en vivero. Parece que ello se debe a que es requerido en muy bajas cantidades, y por otra parte que la palma lo puede obtener con gran facilidad del suelo y de los fertilizantes que lo aportan como en el caso del Bórax, que se usa como corrector de Boro.

EL SODIO EN LOS SUELOS PALMEROS

Los contenidos de Sodio son muy bajos en los suelos ácidos, normales y salinos, encontrándose por debajo de 7% (PSI), por ello no se genera toxicidad en palma de aceite. Pero en suelos sódicos, que tienen más de 7% de PSI, si es un problema grave, ya que genera toxicidad y hasta la muerte de la palma. Esto se observa mucho en plantaciones de la Costa Norte colombiana. Los suelos con alto Sodio se generan, porque nacen de materiales ricos en Sodio o que se han formado a partir de aluviones marinos o influenciados por el agua subterránea del mar, la denominada cuña sódica.

Las concentraciones de Sodio intercambiable mayores que las de Potasio intercambiable, generan problemas en las plantaciones y las producciones se reducen considerablemente. Si se da la concentración de Sodio en términos del porcentaje de Sodio intercambiable (PSI), tendremos que si este sobrepasa en valor de 5, ya es perjudicial para palma de aceite, de la misma manera, si la relación K/Na es menor de 1.0, también el Sodio genera desplazamiento del Potasio y reducción considerable en la producción de racimos.

LA TOXICIDAD DEL SODIO EN PALMA DE ACEITE

La toxicidad en palma de aceite, por exceso de Sodio, es muy común en muchas áreas de la Costa Norte colombiana, en donde el porcentaje de Sodio intercambiable es superior al 5.0.

Las palmas que crecen en suelos afectados por Sodio, desarrollan una clorosis en las hojas más jóvenes y se genera un atraso en su crecimiento, llegando en algunos casos a presentar enanismo. Con el tiempo las hojas

reducen su tamaño y toman un color verde intenso mate u opaco. Los foliolos se necrosan, ocurriendo lo mismo en todas las hojas. Los tejidos necrosados mueren y por ello gran parte de la hoja. Las producciones se ven muy afectadas y se reducen hasta llegar a cero racimos. Si existen algunos racimos, sus frutos serán secos y pequeños. Estas plantas pueden permanecer así por varios años, hasta morir o si se recuperan los suelos, seguirán viviendo (Canchano E.).

REQUERIMIENTO DE SODIO POR PALMA DE ACEITE

Las palmas de aceite requieren de pequeñas cantidades de Sodio. Los excesos de este micronutriente las afecta fuertemente, ya que es altamente tóxico. Se ha considerado que las cantidades que aporta el Bórax, son suficientes para mantener la plantación.

PARTE 4

EL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE Y SU REQUERIMIENTO DE SUELOS

La palma de aceite es un cultivo que se puede instalar en una amplia gama de suelos ubicados en el trópico y el subtrópico. Como planta de alto rendimiento, sus mejores producciones se darán en los mejores suelos y por ello bajo estas condiciones serán altamente rentables. Es importante entender que la variable más importante a tener en cuenta en la instalación de una plantación de palma de aceite es la Edafa-Climática. Aquí trataremos únicamente la parte edáfica.

En palma de aceite a medida que sacan materiales genéticamente más productivos, también son mayores las exigencias de suelo; por esta sencilla razón, antes de realizar la instalación de su plantación, se recomienda evaluar el suelo en cada lote, determinando su aptitud, lo cual se logra con el estudio detallado de suelos y su clasificación agrológica.

Al tener una buena selección de suelos, que reúna las condiciones exigidas por el cultivo, se está asegurando el desarrollo de la plantación, buenas producciones y buena rentabilidad. Por tanto, podemos llegar a afirmar sin temor a equivocarnos, que la explotación exitosa del cultivo dependerá esencialmente de la selección correcta de los suelos a usar.

La complejidad de suelos que se generan en áreas extensas, ejemplo territorio colombiano y dentro de éste la Costa Norte, genera la necesidad de clasificarlos para palma de aceite, tal como se hizo para banano, ya que no en todos los casos las condiciones de tierra serán las mejores. Los suelos aluviales o vegas de ríos, en la Costa Norte colombiana, son áreas con suelos de primera clase (1 A) para palma de aceite, pero son áreas restringidas y en muchos casos preferidas para banano de exportación. También se dan los casos de los suelos antiguamente arroceros o terrenos bajo potreros, que son usados en la actualidad para el cultivo de palma de aceite, de he-

cho no podemos esperar los mejores resultados en las producciones y apariencia de las palmas. Tenemos suelos tan buenos que las producciones han llegado hasta las 33 toneladas de fruta/ha /año y con el mismo material genético no se obtienen más de 20 toneladas/ha /año en otras clases de suelo. Pero es necesario tener en cuenta que existen otros tipos de suelo favorables para el desarrollo de palma de aceite, de allí que siempre se requiera de una clasificación por clases de suelo para este cultivo.

CLASIFICACIÓN POR APTITUD DE LOS SUELOS PARA EL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE

La clasificación por aptitud de los suelos para palma de aceite, solo se logra realizando el estudio detallado de los suelos; en el cual se recoge toda la información pertinente del área, posibilidades de riego y condición climática y variables que inciden en el uso de la tierra. Con toda esta información y los mapas de suelo, podemos determinar las áreas a usar y las que quedan limitadas para este cultivo y con ello realizar el mapa de uso y manejo de los suelos. Con el mapa de uso y manejo de los suelos se puede llegar con gran facilidad a programar el manejo de cada lote (suelo cultivo). Con la información ordenada y comprendida, evitamos que el inversionista coloque un capital en áreas que no son aptas para este cultivo.

El estudio de los suelos se realiza directamente en el campo, empleando un barreno para las observaciones y toma de muestras a diferentes profundidades, para tener un concepto claro de la composición físico-química del perfil y conocer con ello cómo cambia o cómo se encuentra dispuesto. Las observaciones por lo general se realizan hasta los 120 cm de profundidad, con lo cual se determina, entre otras cosas, compactación, nivel freático, profundidad efectiva, piedras o gravas, lenguas de arena, etc.

Las muestras recolectadas se analizan y con la información adicional de campo (inundabilidad, pendiente, piedras en la superficie, etc.) se procede a organizar los mapas de aptitud del área. En cada grupo de suelos se realizan calicatas de 1 m x 1 m x 1.5 m de profundidad.

Siempre la clasificación se realiza en presente, ya que algunas variables pueden ser mejoradas hasta en un 100%, ya sea con manejo agronómico o con obras de ingeniería, por ello, cuando se comenta sobre el potencial se supone que los problemas son corregibles y la tierra cambiará.

Según Olivin, los suelos palmeros se clasifican en cuatro clases, basada esta clasificación en los factores desfavorables que son:

- Suelos mal drenados
- Suelos con plentita (Lateríticos)
- Suelos muy arenosos
- Turbas profundas

La clasificación de Olivin está basada en cuatro propiedades de los suelos, que son:

- La textura
- La cantidad de grava o piedra
- La permeabilidad o falta de drenajes
- La composición química

Reconoce a los suelos arenosos, que deben poseer menos del 5% de arcillas, hasta los suelos pesados y dentro de este rango genera siete clases.

Las clases por grava o piedras son seis y se clasifican por el porcentaje de este material en el perfil, a profundidad efectiva.

La parte química tiene en cuenta el pH, la materia orgánica y los cationes intercambiables. Se tiene además en cuenta una clasificación agronómica, según la zona.

Se hace mucho énfasis en esta clasificación a lo relacionado con la cantidad de grava o piedras y la condición hidromórfica del suelo, lo que en realidad viene a determinar la clase agronómica.

Canchano E., propone una clasificación para los suelos palmeros de la Costa Norte colombiana, teniendo en cuenta entre otras las siguientes variables (Tomado del original sin publicar):

CONDICIÓN DEL SUELO

Textura

- Texturas favorables
- Texturas marginales
- Texturas desfavorables

Estructura

- Estructura óptima
- Estructura buena
- Estructura regular
- Estructura deficiente

Drenaje interno

- Bueno
- Mediamente rápido
- Moderadamente raído
- Moderadamente lento
- Imperfecto
- Excesivo

Profundidad efectiva

- Favorable (profundo a muy profundo)
- Marginal (moderadamente profundo)
- Desfavorable (superficial)

Reacción (pH)

- Favorable (5.50 a 7.50)
- Marginal (4.50 a 5.50 y 7.50 a 8.5)
- Desfavorable (menos de 4.50 y mayor de 8.5)

Salinidad (C.E)

- Normal o favorable (C.E menos de 2.0 mmhos/cm o dS/m)
- Ligera o marginal (2.0 a 4.0 mmhos/cm o dS/m)
- Fuerte o desfavorable (mayor de 4.0 mmhos/cm o dS/m)

Sodicidad (PSI)

- Normal o favorable (menos de 5.0)
- Ligera o marginal (5.0 a 7.0)
- Fuerte o desfavorable (mayores de 7.0)

Grado fertilidad del suelo

- Alto
- Mediano
- Bajo

Condiciones del terreno

Pendiente

- Favorable (0.00 a 1.00 %)
- Marginal (1.10 a 5.00 %)
- Desfavorable (Mayor de 5.10 %)

Pedregosidad

- Leve
- Moderada
- Abundante
- Muy abundante

Inundabilidad

- Leve
- Moderada
- Fuerte

Teniendo en cuenta las variables que entran en juego en esta clasificación, los suelos se han clasificado en cinco clases, que son:

Clase I

En esta clase se tienen las mejores tierras (1-A), son muy buenas, ya que son apropiadas para la explotación del cultivo de la palma de aceite, dando altas y sostenidas producciones. Son terrenos planos, con buen drenaje, suelos profundos o muy profundos, con textura y estructura muy favorables, con reacción (pH) favorable, no presentan peligro de inundación en ninguna época del año y si ello sucede solo durará unas pocas horas. No presentan problemas de sales ni de Sodio, ni de acidez.

Clase II

Esta clase se encuentra conformada por las tierras consideradas o apropiadas para la instalación y explotación intensiva del cultivo de palma de aceite. Pueden presentar algunos inconvenientes que afectan a la producción, si la comparamos con la de la clase I, pero son problemas muy leves. Son tierras que requieren cierta inversión, ya que pueden tener ligeros problemas de topografía, inundabilidad o una ligera salinidad, pero de todas maneras son potencialmente suelos de altos rendimientos.

Clase III

En esta clase se agrupan las tierras consideradas regulares para el cultivo de palma de aceite, debido a que son poco apropiadas para este uso. Presentan, por lo general, deficiencias moderadas que van a manifestarse en bajas producciones si las comparamos con las de la clase II. Son áreas que requieren de prácticas de adecuación o de alguna recuperación a costos mucho mayores para llevarlas a un estado de uso requerido por este cultivo y obtener rendimientos en producciones económicamente rentables y que justifiquen su uso por largo tiempo. Pueden tener problemas moderados de sales y de Sodio o profundidad efectiva mediana o inundabilidad durante el invierno, etc.

Clase IV

En esta clase se agrupan las tierras consideradas restringidas y muy poco apropiadas para la explotación de palma de aceite, debido a que se dan deficiencias aún más fuertes que las que se generan en la clase III. Los problemas de suelos son tales que afectarán a las producciones hasta en un 40%, por lo que se requiere de altas inversiones al inicio y periódicamente. Estas tierras pueden cultivarse, pero los rendimientos de fruta no serán tan rentables si los comparamos con los de las clases I, II y III. Son áreas que pueden tener problemas de gravilla o grava, poca profundidad efectiva, alta pendiente, suelos con sales y/o Sodio, suelos livianos o muy pesados, etc.

Clase V

En esta clase se han colocado todas aquellas tierras consideradas impropias o que presentan grandes limitaciones para la instalación y explotación

de la palma de aceite. Son áreas en donde la producción de frutas es prácticamente antieconómica. Si estas tierras se cultivan, lo más probable es que a la larga se tengan pérdidas, por que las palmas no pueden dar, bajos estas condiciones, todo su potencial genético. Son tierras con problemas de textura, profundidad efectiva, muy susceptibles a inundaciones, con muchas piedras o gravas en el perfil, sales y/o Sodio, etc.

ALGUNOS PROBLEMAS MUY PUNTUALES DE SUELO PARA EL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE

Los suelos bajo determinadas circunstancias pueden acumular excesos de sales y/o de Sodio o de acidez, generando problemas graves si son usados con el cultivo de palma de aceite.

La acumulación de Sodio o de sales o de los dos en el perfil del suelo, puede generarse por alguna de las siguientes circunstancias:

- Porque las aguas llevan un exceso de Sodio y/o de sales y se usan como riegos o inundan los suelos en alguna época del año.
- Porque el material parental sea rico en sales y/o Sodio
- Porque existen niveles freáticos altos y ricos en sales y/o Sodio
- Por mal uso en la fertilización.
- Por deficiencia del sistema de drene

El problema de los suelos con exceso de sales es normal o común en aquellas áreas de escasa precipitación, debido a que los suelos no se lavan y las sales se acumulan. Pero en el caso de Sodio, puede acumularse aún en zonas con muy buena precipitación, motivo también por el cual se generan los suelos ácidos.

LOS SUELOS SALINOS

Estos suelos se caracterizan por presentar pH por debajo de 8.50 pero por encima de 7.30, una conductividad eléctrica (C.E) mayor de 4.0 mmhos/cm o dS/m y un porcentaje de Sodio intercambiable (P.S.I) menor de 7.0.

La palma de aceite ya con 2,0 mmhos/ cm o dS/m, se resiente e inicia un descenso en la producción, se origina una ligera clorosis total de la palma,

que se puede confundir con una deficiencia de Nitrógeno, en estos casos se puede generar una deficiencia fuerte de Potasio, aún aplicándolo como fertilizante.

LOS SUELOS SALINO-SÓDICOS

Estos suelos se caracterizan por presentar un pH, por lo general por encima de 8.50, una conductividad eléctrica (C.E) mayor de 4.0 mmhos/cm o dS/m y un porcentaje de saturación de Sodio intercambiable (P.S.I) mayor de 7.0.

La palma ubicada en estos suelos, si domina el concepto de salinidad, presentará los mismos síntomas que se han indicado en los suelos salinos, pero con deficiencia de Potasio severa. Pero si domina el concepto de sodicidad, se genera una quemazón en el ápice de los folíolos, necrosis que genera al tacto tejidos muy frágiles.

LOS SUELOS SÓDICOS

Los suelos sódicos presentan un porcentaje de Sodio intercambiable (P.S.I) superior a 7.0, una conductividad eléctrica inferior a los 4.0 mmhos/cm o dS/m y un pH generalmente superior a 8.50. Aunque los suelos afectados por Sodio se pueden dar a pH inferiores al valor de 8.50.

Las palmas instaladas en suelos sódicos, presentan un detenimiento del crecimiento general o un crecimiento muy lento. El color de las hojas es el de un verde oscuro azulado, opaco, reducción en el tamaño de las hojas. Las hojas nuevas salen cloróticas con una tendencia a un amarillo pálido y el estipe toma un color gris cenizo. La producción puede llegar a cero, si el problema de Sodio es alto, y las plantas tienden a morir. Este problema se acentúa si se riega por goteo.

La palma de aceite es más sensible al suelo sódico que a los suelos salinos, en muchos casos hemos encontrado palma en suelos con más de 4.0 mmhos/cm, pero en el caso de Sodio un P.S.I de 5 ya es problema y la palma se resiente fuertemente. En muchas plantaciones de la costa norte colombiana encontrar lotes con parches con un exceso de Sodio es común.

Cuando no se corrige el exceso de Sodio en el suelo, la planta llega a presentar las hojas totalmente necrosadas y de tamaño reducido, una clorosis

en las hojas nuevas y producciones bajas. Es necesario tener muy en cuenta este factor al instalar el cultivo.

El manejo de los suelos con problemas de sales y/o Sodio

Los suelos afectados con sales, solo se recuperan con lavados, usando aguas de muy buena calidad, despues de subsolar y preparar muy los lotes.

Los suelos sódicos requieren de enmiendas, tales como Azufre, Yeso, etc. Estas enmiendas se aplican según el cálculo realizado y según el P.S.I que se quiera eliminar del suelo o el que se quiera dejar. Luego se lavan las sales que se forman, ya que el suelo sódico primero se debe pasar a salino, para luego lavarlo, para ello se debe contar con una muy buena preparación de los lotes.

Los suelos salino-sódicos, primero se deben enmendar o sea, aplicar la cantidad de enmienda requerida para eliminar Sodio y luego lavar toda la sal, hacer lo contrario es llevar el suelo a sódico, que son más problemáticos en su recuperación.

Despues de recuperados estos suelos, se deben aplicar, según un calendario, lavados de mantenimiento y en cada riego normal siempre aplicar un exceso de agua para eliminar sales. En los suelos que eran sódicos, se debe aplicar esporádicamente y según un plan de trabajo, una cantidad de enmienda, yeso o Azufre, lo cual puede hacerse dos veces al año. En estos suelos es de gran importancia el manejo de los fertilizantes, por lo general no se deben usar cloruros, pero si sulfatos. Debe tenerse en cuenta que después de una recuperación de suelos salinos o sódicos, estos perderán mucho de su fertilidad, por efecto de los lavados continuos, por ello los programas de fertilización deben ser muy bien planificados y aplicados.

LOS SUELOS ÁCIDOS

Se consideran suelos ácidos, para palma de aceite, todos aquellos que presentan un pH inferior a 5.00 y que pueden estar afectados por Hidrógeno o Aluminio.

El cultivo de palma de aceite se explota relativamente con buen éxito en un amplio rango o condiciones de suelos y una de las variables importantes es la reacción del mismo.

El pH del suelo es la variable que normalmente usamos para medir su acidez o alcalinidad, dentro de una escala de 0.0 a 14.0, pero agrícolamente de 4.0 a 9.0. En el caso de palma de aceite se conocen plantaciones exitosas instaladas en suelos con pH por debajo de 5.0 y por encima de 9.0, sin embargo son plantaciones que a pesar de producir de 10 a 12 toneladas de fruta y algunas algo más, no pueden generar todo su potencial genético, pero plantaciones en suelos con pH entre 6.50 a 7.30 (neutro agrícolamente) son mucho mejores fenotípicamente y en producción.

Por otra parte, se conoce que los suelos ácidos de los trópicos son muy bajos en fertilidad y además presentan problemas de micronutrientes, aún así, la palma de aceite se puede adaptar a ellos, pero siempre y cuando se usen enmiendas y fertilizaciones sostenidas y bien calculadas. Si se quiere plantar palma de aceite, lo mejor es evitar los suelos con muy alta acidez (suelos con pH por debajo de 5.00) o suelos con excesos de sales y/o Sodio (suelos con pH superior a 8,50), ya que se tendrán problemas de producción.

En la Costa Atlántica colombiana, por el falso concepto de que la palma de aceite era un cultivo rústico y que se daba bien en los peores suelos, se instalaron plantaciones en suelos muy ácidos o muy alcalinos, arenales o suelos típicamente arroceros, muy arcillosos y hoy día tienen grandes problemas de manejo y de producción. Los costos para recuperar estos suelos es alto y es además una labor delicada. El problema de la acidificación de los suelos bajo palma de aceite es cuestión de manejo por una parte, y por otra, por la acumulación de residuos orgánicos (paleras, aplicación de raquis, etc).

En suelos con aplicaciones de material orgánico en altas cantidades, se genera el proceso de nitrificación del Amonio que se origina de la mineralización de esos materiales orgánicos residuales y por otra parte, de los fertilizantes nitrogenados minerales aplicados al cultivo. Este proceso acidula lentamente al suelo. Como es un proceso natural, no podemos evitarlo, pero se debe evaluar en forma constante para tomar los correctivos y evitar llegar a los límites de acidulación en el perfil que afecten a la plantación.

El diagnóstico de la acidez del suelo

Lo que generalmente se usa para determinar la acidez del suelo bajo palma de aceite es el pH, lo cual es un error, debido fundamentalmente a que se deben tener en cuenta otros parámetros relacionados con el pH para realizar un buen diagnóstico.

En la Costa Atlántica colombiana, existen suelos que algunos técnicos han considerado de tipo ácido a nivel del platero y otras zonas, como es el caso de la palera, porque el pH se aproxima a 5.00 en los primeros 10 cm de profundidad, sin embargo, son áreas altas en producciones, 29 toneladas de fruta/año/ha. Es de entender que esa disminución del pH en esas zonas y a esa profundidad se debe a que otros parámetros que intervienen en la acidez del suelo se encuentran en los límites adecuados y, por otra parte, que el pH solo es bajo en la capa más superficial, estando influenciada precisamente por los contenidos de materia orgánica y el efecto de los riegos por inundación. Las variables o parámetros a considerar en el diagnóstico de la acidez del suelo son:

La reacción o pH del suelo

Cuando en el laboratorio o en el campo se mide el pH del suelo, lo que se está midiendo es la concentración de iones de hidrógeno (H) en la solución suelo-agua y se expresa como potencial de hidrógeno (pH). La escala usada va de 0.00 a 14.0, considerándose en una forma muy general el valor de 7.00 como neutro o en donde los iones de H y de OH se encuentran equilibrados en la solución estudiada. Valores por encima de 7.0 se consideran básicos y los que están por debajo de 7.0 serán ácidos.

Indiscutiblemente, el pH es el indicativo primario de un problema de acidez en el suelo. Un ejemplo nos indica algo importante. Cuando tenemos un suelo con un pH inferior a 5.50, es muy probable que estemos frente a un problema de alta acidez, ello fundamentalmente porque en esas condiciones de pH, el Aluminio se solubiliza y entra en la solución del suelo. La consecuencia de esa solubilidad del Aluminio en la solución del suelo, es por que perjudica directamente el normal desarrollo del sistema radicular e interfiere con la asimilación de nutrientes.

En palma de aceite en la Costa Norte colombiana, se usa una clasificación para pH que es la siguiente, y que puede servir de guía bastante completa para diagnosticar el uso de los suelos para este cultivo.

- | | |
|---------------------|-----------------------------|
| ▪ pH de 4.50 a 5.00 | Suelos muy ácidos |
| ▪ pH de 5.10 a 5.50 | Suelos ácidos |
| ▪ pH de 5.60 a 6.00 | Suelos moderadamente ácidos |
| ▪ pH de 6.10 a 6.50 | Suelos ligeramente ácidos |

- pH de 6.60 a 7.30 Suelos neutros
- pH de 7.40 a 7.80 Suelos ligeramente alcalinos
- pH sobre 7.80 Suelos suelos alcalinos

LA ACIDEZ DE INTERCAMBIO O ACIDEZ INTERCAMBIABLE

Este tipo de acidez esta dada por la concentración del hidrógeno más Aluminio de cambio a nivel de suelo, y se debe usar para diagnosticar la acidez total del suelo, con lo cual se tiene un concepto más amplio del problema. El valor de este tipo de acidez, al menos en la Costa Norte colombiana, no ha sido estudiado en suelos bajo palma de aceite, trabajos que deben adelantarse en cada plantación con el fin de dar un mejor manejo a los programas de fertilización.

La acidez activa

Este tipo de acidez se debe a la concentración del hidrógeno activo en la solución del suelo. Esta acidez es la que mide el aparato medidor de pH.

Acidez no intercambiable

Se refiere a la concentración del hidrógeno que no es intercambiable, por encontrarse formando un enlace covalente en la superficie de las arcillas.

La acidez potencial

Se refiere a la sumatoria de la acidez no intercambiable y a la intercambiable en un suelo dado.

La sumatoria de bases intercambiables

Es de suma importancia contar con la sumatoria de bases intercambiables del suelo (Ca + Mg + K + Na), valor que está muy relacionado con la capacidad de intercambio de cationes efectiva del suelo.

Según Espinosa (1995), la sumatoria de bases del suelo se reduce con la reducción del pH del suelo y por ello también se reduce la capacidad de retener cationes.

En la Costa Norte colombiana, no conocemos qué valores para la sumatoria de bases es capaz de limitar la nutrición en palma de aceite, por ello se requiere de este tipo de investigación.

El porcentaje de saturación de acidez del suelo

El único parámetro que indica si existe o no un problema de acidez en el suelo es el porcentaje de saturación de acidez. Este porcentaje no es otra cosa que el porcentaje de Aluminio más Hidrógeno que está ocupando en los suelos los sitios de intercambio de la micela y se calcula de la siguiente manera:

$$PAI = [(Al + H)/(Al + H + K + Mg + Ca + Na)] \times 100$$

De donde: PAI = Porcentaje de acidez intercambiable

Según Bertsch (1986), cuando el valor del porcentaje de acidez intercambiable (PAI) es menor de 10%, no existe problema, pero con valores de 60% o próximos a él ya es muy perjudicial para la gran mayoría de los cultivos. Estos valores se podrían, por el momento, asimilar para el caso de palma de aceite, hasta que se investiguen en la Costa Norte colombiana.

El problema del exceso de acidez en los suelos bajo palma

Black (1967), nos indica que las altas concentraciones de hidrógeno que se encuentran presentes en el suelo no afectan directamente a los cultivos, excepto cuando el pH llegue a ser inferior a 4.00. El responsable principal del mal crecimiento y bajas producciones en los cultivos en suelos ácidos es el Aluminio; ya que este elemento inicia su saturación a pH de 5.50 y se incrementa a medida que disminuye el pH y de esta manera pasa de inmediato a la solución del suelo. Se ha demostrado que altas dosis o contenidos de aluminio, afectan la división celular a altura de raíces e impidiéndose la toma o asimilación de Calcio y Fósforo.

Otro elemento que se solubiliza a pH bajo es el Manganeseo y puede llegar a ser fitotóxico para palma de aceite.

Hardy (1979), nos afirma que en los suelos con pH muy ácido, se incrementa la solubilidad y disponibilidad de muchos micronutrientes, hasta el punto de producir fitotoxicidad.

El problema de un exceso de acidez en el suelo solo se controla con la aplicación de enmiendas, Calcio y/o Magnesio. (ver al final aparte de como corregir suelos con problemas de sales, Sodio o acidez).

Deberá entonces emplear las siguientes constantes.

$$\text{Kg de Ca / ha} \times 1.4 = \text{Kg de CaO / ha}$$

$$\text{Kg de Ca / ha} \times 2.5 = \text{Kg de CaCO}_3/\text{ha}$$

Si el caso es deficiencia de Calcio y/o de Magnesio, entonces se debe recurrir a los cálculos indicados en la interpretación de los análisis de suelo y en lo posible realizar una prueba a nivel de laboratorio con una muestra de suelos traída de la plantación, con el fin de no excederse en la aplicación de Calcio en estos suelos.

PARTE 5

EL ANÁLISIS DE SUELOS EN EL DIAGNÓSTICO DE NUTRICIÓN EN PALMA DE ACEITE

Los elementos fundamentales para el crecimiento, desarrollo y producción de la palma de aceite son: Carbono, Oxígeno e Hidrógeno, elementos que los contiene el aire y de él los toma la planta, Nitrógeno, Potasio, Fósforo, Azufre, Calcio, Magnesio, Hierro, Manganeso, Sodio, Silicio, Cobre, Zinc, Molibdeno, Boro, Cobalto, y Cloro, elementos que se encuentran en el suelo y agua de riegos y que de allí los toma la planta. Por otra parte se conoce muy bien que los elementos químicos deben estar en una forma asimilable por las palmas, es decir, que deben estar en una forma tal para ser absorbidos como nutrientes, estas formas más comunes son: O (=), CO_2 , H (+), OH (-), CO_3 (=), SO_4 (=), que son tomados por medio de las hojas en su gran mayoría, H_2PO_4 (-), HPO (=), NH_4 (+), NO_3 (-), H_3BO_3 , H_2BO_3 (-), B(OH)_4 (-), MoO_4 (=), K (+), Ca (2+), Mg (2+), Fe (2+), Fe (3+), Cu (2+), Mn (2+), Zn (2+), Cl (-).

El análisis químico de los suelos se ha venido utilizando en toda plantación agrícola técnicamente explotada como una herramienta, especialmente útil, para poder manejar y controlar el aspecto nutricional en palma de aceite, con el fin de obtener y mantener rendimientos altos en las plantaciones. Este análisis es complementario con el foliar, por lo que recomienda siempre usarlo en forma conjunta.

Algunos autores sostienen que el análisis de suelo no es muy preciso para determinar requerimientos de fertilizantes en cultivos perennes. Todo ello, posiblemente, se debe a que los cultivos perennes pueden explorar un mayor área de suelo en toda su vida. Sin embargo no se puede descartar sino por el contrario usar con los análisis foliares.

La filosofía del análisis de suelo consiste en realizar, a nivel de laboratorio, el mismo trabajo que realiza la planta en el campo para extraer los

nutrientes del suelo, es decir, imitar los mecanismos o soluciones que debe emitir la planta para poder nutrirse. Por ello, la base fundamental del análisis de suelo es utilizar una solución extractora lo más semejante a la que emite la planta en su proceso natural, para con ello poder extraer y medir luego los elementos y cantidad de los mismos que la planta podría sacar de ese suelo en el cual se desarrolla. Si utilizamos soluciones extractoras muy diferentes (muy fuertes o muy débiles) la cantidad de elementos extraídos y medidos sería falsa. De allí la importancia de usar métodos calibrados y reconocidos que no permitan errores en las lecturas.

Es necesario tener muy en cuenta, no solo los resultados de los análisis del suelo problema sino la investigación regional realizada sobre manejo y respuesta de la palma de aceite a esos nutrientes; esto es tan importante que sin esa experiencia es imposible llegar a determinar si una solución es realmente la recomendada para determinada extracción en el suelo dado y bajo palma de aceite. Se hace necesario por tanto, el ajuste de las soluciones extractoras con trabajos de campo.

Bertsch (1968), indica que solo con las investigaciones de campo se puede llegar a construir los cuadros y tablas guías que deben ser usados en la interpretación de los análisis de suelo.

Diferentes autores han estudiado los niveles críticos de los nutrientes fundamentales en el suelo bajo palma de aceite, pero aún se encuentran elementos que requieren de mayor estudio.

Se entiende por nivel crítico, aquella cantidad de un nutriente por encima de la cual la planta ya no responde a ese nutriente.

EL MUESTREO DE LOS SUELOS BAJO PALMA DE ACEITE

El análisis de suelos en las plantaciones de palma de aceite se debe efectuar por lo menos cada dos años, lote por lote o por unidad de muestreo.

Para realizar un buen muestreo, deberá previamente seleccionar sitios al azar por bloques de 20 o 50 hectáreas o por unidades de suelo o de producción o según la homogeneidad de la plantación. Los sitios seleccionados al azar serán marcados, tomando cuatro o cinco plantas en grupo, y allí se realizará el monitoreo durante seis años. Los sitios en cada sección no deberán ser inferior a cuatro, y cada uno representa una submuestra. Si se

presenta una situación determinada muy típica, se tomará o muestreará por separado. En cada sitio o punto de monitoreo se tomarán las muestras de suelo y las foliares, ello para tener una buena correlación entre estos análisis.

LA PROFUNDIDAD DE MUESTREO

La muestra se podrá tomar con barreno, pala o cualquier otro implemento que se tenga a la mano, pero siguiendo las normas generales para tales casos de muestreo de suelo. La profundidad será de 0.0 a 30 cm y si se requiere, para efectos de riego o para detectar otro problema en el subsuelo, se tomará también de 30,0 a 60,0 cm de profundidad. Todas las submuestras se colocan en un balde de plástico o bolsa plástica, se unifica la tierra dejándola homogénea y tomando de ella unos 600 gramos, los cuales se colocan en bolsas plásticas y en una doble bolsa se coloca la información respectiva.

EL SITIO DE MUESTREO

El sitio más adecuado para el muestreo de suelos es entre las calles en donde se entrecruza el sistema radicular, hasta la zona en donde se inicia el plateo, para palma adulta. Para palma joven, menos de 4 años en el campo, el sitio de muestreo deberá ser al borde del plateo, o sea a nivel de gotera. Nunca tome muestras de suelo debajo de la palera o dentro del plateo, ya que estas zonas están afectadas por residuos de fertilizantes, apelmazadas o por efectos de mineralización del material orgánico.

EL MANEJO DE LA MUESTRA DE SUELO

La muestra traída del campo, los 600 gramos representativos de cada sector, deberá secarse al aire bajo sombra y sobre papel periódico, se desmoronan los pedos y se libera de los residuos orgánicos visibles. Al estar seca, con un rodillo de madera o una botella se puede triturar y luego pasarse por un colador de cocina, que se tenga únicamente para este uso. Tratada así la muestra ya se pueden tomar 400 gramos y pasarse a una bolsa plástica para su envío al laboratorio. Si se requiere de determinaciones físicas, como densidad u otra variable, se deben colocar algunos pedos de tamaño máximo 4 a 5 cm de diámetro en la misma bolsa. Si es una muestra para efectos de riego, se deberá tomar de la siguiente manera: use cilin-

dros de Hierro o de PVC de un tamaño de 20 cm y diámetro de 3 pulgadas, en los sitios seleccionados introduzca el cilindro a presión y luego sáquelo quitando el suelo de los lados. Colóquelo en una bolsa plástica bien amarrado; ésta es una muestra no perturbada. Además tome una muestra perturbada con buenos pedrs en otra bolsa.

Toda muestra deberá ir acompañada de una serie de datos que indiquen las condiciones de la plantación:

- Nombre de la plantación
- Propietario
- Ubicación: municipio, corregimiento, vereda, zona, etc.
- Material genético usado en la plantación
- Edad de la palma por lote
- Producción toneladas/ha/año
- Estado sanitario
- Riego: frecuencia, tipo, calidad
- Fertilización en los dos últimos años, dosis, grado y época
- Aspecto general de las plantas, observación directa
- Último año que realizó análisis de suelo
- Aplicación de cal: dosis, época
- Aplicación de Azufre: dosis, época
- Si es un problema específico, deberá ser muy claro e informar en qué consiste

Si las muestras fueron bien tomadas y la información de campo es bien ajustada a la realidad, se puede dar un buen diagnóstico del estado nutricional de la plantación, el cual será muy bien complementado con los análisis foliares.

INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS DE SUELO

En la interpretación de los análisis de suelo, así como en los foliares, debemos contar siempre con una serie de datos informativos, obtenidos por medio de la investigación zonal o regional. Entre estos datos tenemos:

- El nivel crítico de cada nutriente a nivel de suelo
- El grado de mineralización o reposición natural de cada nutriente en el suelo
- Las pérdidas de los nutrientes, ya sea por fijación, lixiviación, volatilización, eliminación por el agua de riego o lluvia, etc.
- Las características físicas y químicas del suelo (análisis de suelo)
- Poder realizar el Índice de Balance, como un apoyo para observar el estado de los nutrientes a nivel de suelo

Es de mucha importancia en la interpretación del análisis de suelo y en este caso para palma, conocer las interacciones y antagonismos existentes entre los nutrientes.

En los suelos ningún nutriente actúa en forma aislada, ya que por estar todos a nivel de solución interactúan unos con otros, se enmascaran o se bloquean y por ello no son asimilados por la palma aunque se encuentren en la solución. Todos los nutrientes se encuentran teóricamente balanceados con las necesidades fisiológicas de la palma, por ello no debería existir deficiencia, pero esto no se cumple a nivel de suelo.

Para efectos de la interpretación a nivel de suelo, tomaremos un ejemplo y paso a paso lo desarrollaremos hasta llegar a generar una recomendación de fertilizante.

Problema: Si el análisis de suelo de una plantación de palma de aceite de 47 hectáreas, ubicada en el municipio de Ciénaga, corregimiento de Orihueca, departamento del Magdalena, genera la siguiente información:

TABLA N° 2
ANÁLISIS DEL SUELO TRABAJADO

Análisis de suelo	
Reacción (pH)	7,10
Textura	F.Ar.A
K me/ 100 gramos de suelo	0,21
Ca me/ 100 gramos de suelo	4,10
Mg me/ 100 gramos de suelo	1,20

TABLA N° 2
ANÁLISIS DEL SUELO TRABAJADO

Análisis de suelo

Na me/ 100 gramos de suelo	0,16
C.l.Cr me/100 gramos de suelo	10,50
C.E mmhs/cm o dS/m	0,83
P p.p.m	15,00
Materia orgánica %	5,60
Zn p.p.m	350
Cu p.p.m	8,30
B p.p.m	0,50
S p.p.m	4,50
Fe p.p.m	180,50
Mo p.p.m	0,15
Da gr/ cc	1,11

Interpretación

1. Debemos contar con la tabla de los niveles críticos usados en la zona para suelo. En esta región se vienen usando los siguientes:

TABLA N° 3**NIVELES CRÍTICOS USADOS EN LA COSTA NORTE DE COLOMBIA**

Nitrógeno: N(asimilable) %	= 0,005 a 0,006
Materia orgánica %	= 5,00 a 6,00
Potasio (K) me / 100 gramos	= 0,40 a 0,50
Fósforo (P) p.p.m	= 15,0 a 20,0
Calcio (Ca) me /100 gramos	= 3,5 a 4,5
Magnesio (Mg) me/100 gramos	= 1,9 a 2,2
Boro (B) p.p.m	= 0,7 a 1,5
Cobre (Cu) p.p.m	= 1,0 a 2,0
Zinc (Zn) p.p.m	= 1,0 a 3,0
Hierro (Fe) p.p.m	= 20,0 a 50,0
Molibdeno (Mo) p.p.m	= 0,08 a 0,30
Azufre (S) p.p.m	= 15,0 a 25,0

Estos niveles críticos serán los usados en el problema.

2. El grado de mineralización de los nutrientes en esta zona y bajo las condiciones de palma de aceite son: la mineralización de materia orgánica es muy rápida y el Nitrógeno que se genera se pierde con gran facilidad, especialmente por las altas temperaturas. Los minerales como Fósforo y Potasio se mineralizan dependiendo del grado de humedad del suelo. Pero en general se conoce que la mineralización es lenta.
3. La eficiencia de los nutrientes por diferentes motivos, son: para Nitrógeno (N) es del 50% y para Potasio (K) del 60%, Fósforo (P) 30%, Calcio (Ca) 80% y Magnesio (Mg) 80%.
4. Las características físicas y químicas del suelo, especialmente el pH y la textura.

El pH es necesario relacionarlo con los suelos ácidos, con problemas de sales y/o Sodio.

La textura se debe referenciar especialmente a suelos muy livianos o muy pesados, por los problemas ya vistos anteriormente.

En el caso de nuestro problema tendremos:

1. El pH o reacción del suelo

El análisis nos entrega un pH de 7,10 (neutro), según esto los suelos son óptimos para palma de aceite, por tanto no existen problemas ni de acidez, ni de sales y/o Sodio que afecten al cultivo.

2. La textura del suelo

El análisis reporta una textura franco-arcillo-arenosa (F.Ar:A). Ésta es una textura mediana, la cual genera una buena retención de humedad, buena aireación y buena penetrabilidad del sistema radicular. El problema de apelmazamiento se puede generar, por ello se recomendaría subsolar cada cuatro años calle intermedia y aplicar materia orgánica. La capacidad de intercambio de cationes es buena en estos suelos.

3. Cálculo de algunas variables importantes

- C.I.C e:

$$\text{C.I.C e} = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K}$$

$$\text{C.I.C e} = 4,10 + 1,20 + 0,16 + 0,21 = 5,67 \text{ me/ 100 gr}$$

- Peso de la hectárea:

$$\text{Da} = \text{Peso (P)/ Volumen aparente (Va)}$$

$$\text{P} = \text{Da} \times \text{Va}$$

$$\text{Va} = 10.000 \text{ mt cuadrados} \times 0,20 \text{ mt} = 2.000 \text{ mt cúbicos.}$$

$$\text{Da} = 1.11 \text{ Ton/ mt cúbico.}$$

$$\text{P} = 1.11 \times 2.000 = 2.220 \text{ Ton} = 2.220.000 \text{ Kilos}$$

4. El Potasio (K)

El análisis reporta una concentración a nivel de suelo de 0.21 me / 100 gramos. Este valor es necesario llevarlo a Kg de K / ha y luego a Kg de K₂O/ ha, esto se hace así:

1 me de K = (39/1)/1000 = 0,039 gr de K, en nuestro caso por cada 100 gramos de suelo.

De donde:

$$0,039 \text{ gr de K} \quad 100 \text{ gr de suelo}$$

$$0,000039 \text{ Kg de K} \quad 0.1 \text{ Kg de suelo}$$

$$0,00039 \text{ Kg de K} \quad 1 \text{ Kg de suelo}$$

$$\text{X} \quad 2.220.000 \text{ Kg de suelo}$$

$$\text{X} = 865,80 \text{ Kg de K/ha en nuestro suelo}$$

$$1 \text{ me de K/100 gr} = 865.80 \text{ Kg de K/ha en nuestro caso}$$

Pero como el suelo tiene 0.21 me de K/100 gr tendremos:

$$1 \text{ me de K/100 gr} \quad 865,80 \text{ Kg de K/ha}$$

$$0,21 \text{ me de K/100 gr} \quad \text{X}$$

$$\text{X} = 181,818 \text{ Kg de K/ha en nuestro caso tiene el suelo}$$

Palma requiere en promedio 0,45 me de K/100 gr, por tanto:

1 me de K/100 gr 865,8 Kg de K/ha

0,45 me de K/100 gr X

X = 389.61 Kg de K/ha requiere el cultivo

Requerimiento de K/ha = 389.61 - 181.818 = 207,792 Kg

Este valor o requerimiento se pasa a Kg de K₂O/ ha que es el ingrediente activo de los fertilizantes comerciales.

94 Kg de K₂O 78 Kg de K

X Kg de K₂O 207,792 Kg de K

X = 250,416 Kg de K₂O/ha es lo que se requiere

Para esta transformación partiendo del K en me/100 gr que da el análisis podemos usar la siguiente fórmula:

$$\text{Kg de K}_2\text{O/ha} = [(10000 \times 0.20) \times \text{Da} \times 0.00039 \times (\text{me de K}) \times 94 \times 1000] / 78$$

5. El Calcio (Ca)

El contenido de Calcio en el suelo es de 4.10 me/ 100 gr, reportado por el análisis que se tiene. La palma de aceite requiere suelos con un contenido entre 3.5 a 4.5 me/ 100 grs o sea un promedio de 4.00 me de Ca, como el suelo contiene 4.10, no es necesario aplicarlo. Sin embargo a manera de ejercicio pasaremos los me de Ca (4.10) a Kg de CaO/ha, esto se hace de la siguiente manera:

0.00020 Kg de Ca 1 Kg de suelo

X 2.220.000 Kg de suelo

X = 444 Kg de Ca/ha en nuestro caso

1 me de Ca/ 100 gr de suelo = 444 Kg de Ca/ha en este caso

Ahora

1 me de Ca/100 gr 444 Kg de Ca/ ha

4.1 me de Ca/100 gr X

X = 1.820.4 Kg de Ca/ ha contiene nuestro suelo

Pasaremos los kg de Ca/ha a Kg de CaO/ha, de la siguiente manera:

$$\begin{array}{ll} 56 \text{ Kg de CaO} & 40 \text{ Kg de Ca} \\ X \text{ Kg de CaO} & 1.820.4 \text{ Kg de Ca} \end{array}$$

X = 2.548.56 Kg de CaO/ha tiene nuestro suelo

Se puede aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Kg de CaO/ha} = [(10000 \times 0.20) \text{ Dax } 0.00020 \times (\text{me de Ca}) \times 56 \times 1000] / 40$$

6- El Fósforo (P)

El análisis nos reporta para el Fósforo un contenido a nivel de suelo de 15 p.p.m de P. El cultivo exige un contenido de entre 15.0 a 20.0 p.p.m o sea un promedio 17.5 p.p.m, como el suelo solo tiene 15 p.p.m se debe aplicar:

Se debe aplicar: $17.5 \text{ p.p.m} - 15.0 = 2.5 \text{ p.p.m}$ de P. Veamos a cuántos kilos de P equivalen en nuestro caso. Esto se calcula así:

1 p.p. de P equivale a un kilo de P por cada 1.000.000 de kilos de suelos, por tanto:

$$\begin{array}{ll} 1.000.000 \text{ de kilos de suelo} & 1 \text{ kg de P} \\ 2.220.000 \text{ de kilos de suelo} & X \text{ kg de P} \end{array}$$

X = 2.22 Kg de P/ha en este suelo

Como se requieren 2.5 p.p.m de P tendremos:

$$\begin{array}{ll} 1 \text{ p.p.m de P} & 2.22 \text{ Kg de P/ha} \\ 2.5 \text{ p.p.m de P} & X \end{array}$$

X = 5.55 Kg de P/ha en nuestro caso

Pasando esta cantidad de P a Kg de P_2O_5 , tendremos en este caso:

$$\begin{array}{ll} 141.94 \text{ Kg de } P_2O_5 & 61.9 \text{ Kg de P} \\ X \text{ Kg de } P_2O_5 & 2.22 \text{ Kg de P} \end{array}$$

X = 5.09 Kg de P₂O₅/ha en nuestro suelo

Por tanto 1 ppm de P = 5.09 Kg de P_2O_5 /ha en nuestro caso

1 p.p.m de P 5.09 Kg de P_2O_5

2.5 p.p.m de P X

X = 12,725 Kg de P_2O_5 /ha es lo que se requiere

Puede aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Kg de } P_2O_5/\text{ha} = \{[(10000 \times 0.20)\text{Da}/1000] \times 141.94 \times (\text{p.p.m de P})\} / 61,9$$

7- Magnesio (Mg)

El análisis indica que este suelo contiene 1.20 me de Mg/100 gr y que el cultivo requiere de entre 1.9 a 2.2 me/ 100 gr o sea un promedio de 2.05, por tanto se requiere de su aplicación. Debemos aplicar:

$$\text{Mg a aplicar} = 2.05 \text{ me}/100 \text{ gr} - 1.20 \text{ me}/100 \text{ gr} = 0.85 \text{ me de Mg}$$

Esta cantidad de Mg debe pasarse a Kg de Mg/ha. Esto se hace de la siguiente manera:

0.00012 Kg de Mg

1 Kg de suelo

X Kg de Mg

2.220.000 Kg de suelo

X = 266.4 Kg de Mg/ ha

de donde 1 me de Mg/100 gr = 266.4 Kg de Mg/ha en este caso

Pasaremos los Kg de Mg/ha a Kg de MgO/ha, de la siguiente manera:

40 Kg de MgO

24 Kg de Mg

X Kg de MgO

266.4 Kg de Mg

X = 444 Kg de MgO/ha o sea que:

1 me de Mg/100 gr = 266.4 Kg de Mg/ha = 444 Kg de MgO/ha en nuestro caso

Ahora, como el suelo requiere de 0.85 me de Mg/100 gr tendremos:

1 me de Mg = 444 Kg de MgO/ha

0.85 me de Mg X

X = 377.4 Kg de MgO/ha

8. El Nitrógeno (N)

El análisis no reporta el Nitrógeno asimilable ni el total del suelo, pero sí entrega el contenido de materia orgánica fácilmente oxidable que es de 5.60%. Con base a este contenido podemos determinar, por medio de cálculo, el Nitrógeno asimilable, de la siguiente manera:

Buscaremos el % de Nitrógeno asimilable:

$$[(\% \text{ Mat Org}) / 20] \times 0.02 = \% \text{ N asimilable}$$

$$[(5.60/20) \times 0.02 = 0.0056 \% \text{ N asimilable.}$$

Este % de N, lo pasaremos a Kg de N asimilable/ha.

$$100 \text{ Kg de Suelo} \qquad 0.0056 \text{ Kg de N asimilable}$$

$$2.220.000 \text{ Kg de Suelo} \qquad X$$

$$X = 124.32 \text{ Kg de N asimilable/ha Kg de N}$$

El cultivo de palma de aceite requiere de Nitrógeno asimilable en el suelo de entre 0.005 a 0.006 % o sea un promedio de 0.0055%. Llevando este valor a Kg de N asimilable/ha tendremos:

$$100 \text{ Kg de suelo} \qquad 0.0055 \text{ Kg de N asimilable}$$

$$2.220.000 \text{ Kg de suelo} \qquad X$$

$$X = 122.10 \text{ Kg de N asimilable/ha}$$

Por tanto se requiere de $122.10 - 124.32 = - 2.22$ Kg de N asimilable/ha

9. El Zinc (Zn)

El suelo reporta un contenido de Zinc de 3.50 p.p.m y los suelos palmeros requieren de entre 1.0 a 3.0 p.p.m o sea en promedio de 2.0 p.p.m. Por tanto se observa que no se requiere de aplicar este nutriente, ya que el suelo lo contiene en suficiente cantidad.

10. El Cobre (Cu)

El suelo nos reporta un contenido de Cu de 8.30 p.p.m y el cultivo requiere suelos con un contenido de Cu de entre 1.0 a 2.0 p.p.m o sea un promedio de 1.50 p.p.m. Como se puede observar no se requiere de aplicación de este nutriente, ya que el suelo lo contiene en cantidad suficiente.

11. El Boro (B)

El suelo estudiado reporta un contenido de Boro de 0.50 p.p.m y los suelos palmeros requieren de un contenido de entre 0.7 a 1.5 p.p.m o sea un promedio de 1.1 p.p.m. Como se puede observar se requiere de la aplicación de este nutriente a nivel de suelo para mantener las exigencias del cultivo. Trabajaremos con el promedio exigido.

$$\text{Requerimiento de Boro} = 1.10 \text{ p.p.m} - 0.50 \text{ p.p.m} = 0.80 \text{ p.p.m.}$$

Este valor de 0.80 p.p.m se llevará a Kg de B/ha, de la siguiente manera:

$$1.000.000 \text{ de Kg de suelo} \quad 0.80 \text{ Kg de B}$$

$$2.220.000 \text{ de Kg de suelo} \quad X$$

$$X = 1, 776 \text{ Kg de B/ha se requiere en este caso}$$

12. El Azufre (S)

El análisis reporta un contenido de 4.50 p.p.m de S y los suelos palmeros requieren de entre 15.0 a 20.0 p.p.m o sea un promedio de 17.50 p.p.m.

Llevando estas cantidades a Kg de S/ha tendremos:

El suelo contendrá:

$$1.000.000 \text{ Kg de suelo} \quad 4.5 \text{ Kg de S}$$

$$2.220.000 \text{ Kg de suelo} \quad X$$

$$X = 9.99 \text{ Kg de S/ha}$$

El suelo palmero debería tener:

$$1.000.000 \text{ Kg de suelo} \quad 17.5 \text{ Kg de S}$$

$$2.220.000 \text{ Kg de suelo} \quad X$$

$$X = 38.85 \text{ Kg de S/ha}$$

Lo anterior nos indica que se debe aplicar S al suelo, en dosis de:

$$38.85 - 9.99 = 28.86 \text{ Kg de S/ ha, que llevados a } SO_4, \text{ son:}$$

$$96 \text{ Kg de } SO_4 \quad 32 \text{ Kg de S}$$

$$X \quad 28.86 \text{ Kg de S}$$

$$X = 86.58 \text{ Kg de } SO_4/\text{ha}$$

13. Hierro (Fe)

El suelo posee 180.50 p.p.m de Hierro y la palma requiere en el suelo un contenido de entre 20 a 50 p.p.m, por tanto no se requiere aplicar en estos lotes.

14. Molibdeno (Mo)

El análisis reporta un contenido de 0.20 p.p.m de Mo y la palma requiere a nivel de suelo de entre 0.08 a 0.30 p.p.m, un promedio de 0.19 p.p.m. Como observamos no es necesario aplicar Molibdeno al suelo.

15. Densidad aparente (Da)

Este valor de 1.11 gr/cc, ya se utilizó para determinar el peso de la hectárea, que resultó ser a profundidad de 0,20 mt de 2.220.000 kg.

Por todo lo anterior en esta plantación se debe aplicar:

TABLA N° 4

APLICACIÓN DE NUTRIENTES EN LA PLANTACIÓN

- $K_2O = 250,416 \text{ Kg/ha}$
- $CaO = 0.000 \text{ Kg/ ha}$
- $P_2O_5 = 12,725 \text{ Kg/ ha}$
- $MgO = 377,400 \text{ Kg/ ha}$
- $N = 0.000 \text{ Kg/ ha}$
- $B = 1.776 \text{ Kg/ ha}$
- $SO_4 = 86.580 \text{ Kg/ ha}$

EL CÁLCULO DE LOS FERTILIZANTES COMERCIALES

Usaremos los siguientes fertilizantes comerciales:

- El Óxido de Magnesio del 90% de pureza para MgO
- El Bórax-45 del 45% de T.B.S
- El DAP (Fosfato Diamónico) que tiene 46% de P_2O_5 y 18% de N asimilable
- Sulfato de Potasio del 50% de K_2O

Cálculo para el Óxido de Magnesio del 90%

100 Kg de MgO comercial	90 Kg de MgO puro
X	377.4 Kg de MgO puro
X = 419.33 Kg/ha x 0.20 = 83.86	

De donde $419.33 + 83.86 = 503.19$ Kg de MgO/ha por que el 20% se fija.

Para Magnesio conocemos su porcentaje de pérdidas en el suelo, que es del 20%, ya que su eficiencia es del 80%.

La aplicación por palma será de $503.19/143 = 3.51$ Kg de Óxido de Magnesio comercial del 90% de pureza de MgO puro.

Para Potasio (K_2O)

El requerimiento es de 250,416 Kg y conocemos que el 40% es pérdida normal en estos suelos, por tanto:

100 Kg aplicados	40 Kg
250,416	X
X = 100,166 Kg de K₂O/ha	

Aplicación real = $250,416 + 100,166 = 350,58$ Kg de K₂O/ha.

El Sulfato de Potasio contiene un 50% de Óxido de Potasio:

100 Kg de Sulfato de K	50 Kg de K ₂ O
X	350,58
X = 701,16 Kg de Sulf de K/ha	

Por palma = $701,16/143 = 4.90$ Kg de sulf de K

Para Fósforo (P_2O_5)

Para el Fósforo se usará el DAP (Fosfato Diamónico), que posee un 46% de P_2O_5 y 18% de N. Por tanto como el requerimiento de Fósforo es de 38.17 Kg/ha tendremos:

100 Kg de DAP	46 Kg de P_2O_5
X	12.72 Kg de P_2O_5

$$X = 27.65 \text{ Kg de DAP/ha} \times 0.70 = 19.35 \text{ Kg}$$

ya que su eficiencia es del 30%, por tanto aplicamos $27.65 + 19.35 = 47 \text{ Kg/ha}$

Por palma se debe aplicar $47/143 = 0.328 \text{ Kg de DAP/año}$

Para Nitrógeno (N)

No se debe aplicar ya que el suelo posee suficiente Nitrógeno asimilable para la plantación.

Según el cálculo no se requiere, pero conocemos que las pérdidas por diferentes factores son del orden del 50%, por ello tendremos:

El suelo posee $124,32 \times 0,50 = 62,16 \text{ Kg}$ que solo pueden ser usados.

El cultivo requiere de $122,10 - 62,16 = 59.94 \text{ Kg de N}$, que deben aplicar/ha.

Úrea 100 Kg 46 Kg de N

X 59.94 Kg de N

$$X = 130.30 \text{ Kg}/143 = 0,911 \text{ Kg de N/palma}$$

Para Boro (B)

La necesidad de Boro (B) es de $1,776 \text{ Kg/ha}$. Se usará como fuente Bórax-45 del 45% de Tetraborato de Sodio. Por tanto:

100 Kg de fertilizante contienen 45 Kg de T.B.S

288 Kg T.B.S 40 Kg de B

45 Kg T.B.S X

$$X = 6,25 \text{ Kg de}$$

100 Kg del fertilizante 6,25 Kg de B

X 1,776

$$X = 28,416 \text{ Kg de fertilizante}$$

$$28,416/143 = 198 \text{ gr del fertilizante/palma/año}$$

Por todos los cálculos realizados se recomienda aplicar por palma año-semestre:

TABLA N° 5
APLICACIÓN POR PALMA SEMESTRE

Sulfato de Potasio	4,9 Kg/año o 2,45 Kg / semestre
DAP	0,327 Kg/año o 0.164 gr/semestre
MgO comercial	3,51 Kg/año o 1,755 gr / semestre
Bórax-45	198 gr/año o 99 gr / semestre
Úrea	0.816 Kg/año o 0.408 Kg/ semestre

El DAP nos entrega 18% de N, por tanto:

100 Kg de DAP 18 Kg de N

47 Kg de DAP X

X = 8.46 Kg de N

Como son $59.94 - 8.46 = 51.48$ Kg de N por Úrea

100 Kg de Úrea 46 Kg de N

X 51.48

X = $111.91/43 = 0.783$ Kg/año/palma

$0.783/ 2 = 0.391$ Kg de Úrea/palma/semestre

PARTE 6

EL ANÁLISIS FOLIAR DIAGNÓSTICO E INTERPRETACIÓN

El análisis foliar es una herramienta o mecanismo usado para diagnosticar las deficiencias nutricionales o estado nutricional en las plantas.

El técnico tiene siempre dos opciones para reconocer o detectar el estado nutricional de la plantación, o de una planta en especial.

A- La observación directa de la plantación. Se puede determinar un síntoma de deficiencia en forma visual, lo cual es bastante fácil en palma de aceite. Lo anterior se ha logrado gracias a estudios que se han realizado directamente en las plantaciones que han presentado un síntoma ya reconocido y manifestado en el sistema foliar y que al tratar estas plantas con el nutriente indicado responden a él y se recuperan, pero solo lo podemos observar cuando el estado de deficiencia es ya moderado, o cuando no es el fenómeno conocido como *hambre escondida*, ya que el síntoma no aparece en el sistema foliar.

Para realizar la identificación en el campo, se debe tener muy en cuenta la movilidad de los nutrientes dentro de la palma; así en el caso del Fósforo (P), el Nitrógeno (N), el Potasio (K) y el Magnesio (Mg), los síntomas que la palma genera por sus deficiencias se observarán en las hojas bajas, tercio inferior, u hojas más viejas, debido a que estos nutrientes cuando no son absorbidos por la palma pasarán a las hojas más jóvenes, por ello se consideran elementos móviles dentro de la palma. Por lo anterior, en las plantaciones en donde se realizan podas muy frecuentes, ciclo menor de seis meses, las palmas presentan más susceptibilidad a estas deficiencias. En el caso de los elementos Azufre (S), Calcio (Ca), Hierro (Fe), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Boro (B) y Molibdeno (Mo), los síntomas de deficiencias se manifiestan en las hojas más jóvenes, debido a que no se pueden translocar de las hojas más viejas hasta los sitios en donde se requieren, en

este caso se dice que son nutrientes inmóviles dentro de la palma. Por otra parte, se debe tener mucho cuidado de no llegar a confundirse los síntomas de deficiencias nutricionales con síntomas manifestados por efectos de pesticidas, rayos, plagas y enfermedades, por ejemplo, es común en el caso del Boro, que se puede confundir con un problema de anillo rojo. Lo mejor es recurrir al análisis foliar en caso de duda.

B- El Análisis Foliar. El análisis foliar detecta la deficiencia en cualquier estado, aún si es escondida, lo que se conoce como hambre escondida u oculta, lo cual permite tomar los correctivos sin el deterioro del potencial de la plantación y sin aún manifestare los síntomas típicos de la deficiencia.

LOS NIVELES CRÍTICOS A NIVEL FOLIAR

Para que una plantación de palma de aceite desarrolle todo su potencial de producción, deberá mantener unos niveles o concentración de nutrientes a nivel foliar óptimos, conocidos como niveles críticos.

El Nivel crítico es aquella cantidad de nutriente sobre la cual la palma ya no responde a sus aplicaciones, pero por debajo de este la respuesta es positiva.

Veamos lo que nos indican los diferentes autores, con respecto a los niveles críticos en palma de aceite:

Nitrógeno (N): El contenido de Nitrógeno en la hoja 17 decrece con la edad de la palma, así tenemos:

- Entre 1 a 6 años 2.68%
- Entre 7 a 12 años 2.58%
- Palma mayor de 12 años 2.28%

Von Uexkull y Fairhurst (1985) indican como nivel crítico el de 2.4 a 3.0%, para palma adulta por encima de 2.3% y palma joven por encima de 2.5%. Ferrand (1960) Ollagnier y otros (1970) y Werkhoven (1966), consideran el valor de 2.50% para N en la hoja 17 como la cantidad óptima o nivel crítico.

Ng (1972), ha propuesto el valor de 2.80 a 3.00% de N en la hoja 17 como el nivel óptimo o nivel crítico.

Para palma joven Ollagnier y otros (1970), han propuesto el valor de 2,70% como nivel crítico o concentración óptima a nivel de la hoja 17.

En la Costa Norte colombiana el nivel en la hoja 17 de 2.65% se ha venido usando con muy buenos resultados (E. Canchano).

El Potasio (K): En los estudios realizados por diferentes autores se ha encontrado que el Potasio (K) a nivel de la hoja 17 se incrementa con la edad, por ello se asegura que palma de aceite requiere de más Potasio y menos Nitrógeno a medida que envejece.

Ng (1972), indica que Rosenquist ha propuesto el valor de 1.5 a 1.8% de K en la hoja 17, como nivel óptimo o nivel crítico para el Potasio (K).

Vonovexkulk (1968), propuso el valor de 1.2 a 1.5% de Potasio (K) en la hoja 17 como el nivel óptimo o nivel crítico.

Ollagnier y otros (1.970), propuso para palma de aceite joven una concentración óptima de Potasio (K) o nivel crítico de 1.25% en este caso se usa para el análisis la hoja 9.

En la Costa Norte colombiana en plantaciones con edad entre 12 a 15 años se obtienen producciones de 27 a 29 toneladas de fruta fresca/ha/año, con niveles de Potasio (K) en la hoja 17 de entre 0.96 a 1.10%, siendo promedio 1.03%; aunque la gran mayoría de las plantaciones no sobrepasa el 1.0% (E. Canchano).

El Fósforo (P): La palma de aceite parece no ser muy exigente en Fósforo, como sí lo es en Nitrógeno y Potasio. Sin embargo, una deficiencia de este nutriente implica graves consecuencias.

Autores como Ferrand (1960) y Ollagnier (1970), han indicado que concentraciones de 0.19 a 0.21% de P a nivel de la hoja 17 es el nivel óptimo para palma de aceite o nivel crítico.

Ollagnier y otros (1970), encontraron que en palma joven una concentración de P, de 0.16% es óptima y la proponen como nivel crítico del elemento.

En la Costa Norte colombiana, en donde únicamente se aplica Fósforo al instalar el cultivo, se ha observado que niveles de P a altura de la hoja 17 de

0.17% parece ser una concentración óptima y de esta manera se ha venido manejando hasta el momento.

El Calcio (Ca): El Calcio ha sido y seguirá siendo motivo de discusión, y los diferentes autores indican valores diferentes para su nivel crítico en palma de aceite.

Hagstron (1988), considera que el valor óptimo de Calcio en la hoja 17 es de 0.60 a 0.70%, por tanto se debe considerar su nivel crítico.

Ferrand (1969), Ollagnier y otros (1970) coincidieron en que el valor del nivel óptimo o nivel crítico para Calcio era de 0.60% a nivel de la hoja 17 en palma de aceite.

Ng, citado por Rosenquist (1972), nos indica que el nivel crítico para Calcio en palma de aceite a nivel de la hoja 17 es de 0.30 a 0.50%.

Ollagnier (1970) encontró que en palma joven, en la hoja 9, el nivel crítico era de 0.23%.

El Magnesio (Mg): Entre los diferentes investigadores existe discusión al respecto de la concentración de este nutriente en palma de aceite a nivel de la hoja 17.

Corrado (1988), Ollagnier y otros (1970), coinciden en afirmar que el nivel óptimo de Magnesio en la hoja 17, en plantaciones adultas de palma de aceite, es de 24%.

Hagstron (1988), sostiene que el nivel crítico de Magnesio en palma de aceite adulta, nivel hoja 17, es de 0.27 a 0.30%.

Hobt y Keimmier, citados por Owen (1994), indican que el nivel crítico para Magnesio en plantaciones adultas, hoja 17, es de 0.30 a 0.35%, valores que coinciden con lo expuesto para este mismo cultivo por Ng (1972), citado por Rosenquist.

En la Costa Norte colombiana se ha venido trabajando con nivel crítico para Magnesio a nivel de la hoja 17 y en plantaciones adultas de 0.27% lo cual ha dado resultado hasta el momento.

El Azufre (S): Parece que las exigencias de Azufre se reducen con la edad en palma de aceite. Ng (1987), de la misma manera afirma este autor que el

nivel óptimo o nivel crítico para palma de 10 años, está entre 0.15 a 0.19% en la hoja 17.

Hagstron (1988), indica que niveles de Azufre entre 0.20 a 0.23% se consideran bajos en palma de aceite a nivel de la hoja 17. Por ello su nivel crítico estará sobre 0.23%.

El Cloro (Cl): Este elemento ha sido bastante discutido por los investigadores y hasta ahora se conoce, según Von Uexkull (1985) que el nivel crítico de Cloro en palma de aceite, hoja 17, es de 0.5%.

H.R.Von Uexkull y Fairhurst (1985), consideraron que el nivel crítico para Cloro en palma de aceite a nivel de la hoja 17 se encuentra entre 0.45 a 0.60% y encontraron que cuando esta concentración era por debajo de 0.20% la palma respondió a la aplicación del Cloro.

El Boro (B): Este elemento es posiblemente el más estudiado por los diferentes investigadores en palma de aceite, pero aún así no se tiene un criterio muy bien definido sobre su verdadera concentración en la hoja 17.

Según Ferrand (1960), el nivel óptimo de Boro en la hoja 17, en palma de aceite, oscila entre 25 a 30 p.p.m.

Ollagnier y otros (1970), consideran que el nivel crítico de Boro en palma de aceite a nivel de la hoja 17 se encuentra en 8 p.p.m para las plantaciones de Colombia, mientras que para las plantaciones de Malasia está entre 15 a 20 p.p.m.

Ng (1972) citado por rosenquist, ha propuesto como nivel crítico para Boro en palma de aceite, hoja 17, entre las 10 y 20 p.p.m.

Canchano E y otros (1995), han encontrado que la concentración de Boro a nivel de la hoja 17, en palma de aceite, oscila entre los valores de 14 a 19 p.p.m.

H.R. Von Uexkull y Fairhurst (1.985), indican que el nivel crítico para Boro en palma de aceite a nivel de la hoja 17, oscila entre los valores de 15 a 25 p.p.m.

Como se observa existe bastante discordancia entre los valores reportados por los diferentes autores.

El Cobre (Cu): Este elemento, lo mismo que el Boro, se ha discutido bastante por los investigadores de nutrición en palma de aceite y aún hoy día no se tiene definido y claro su concentración a nivel de la hoja 17.

Ferrand (1960), nos dá como nivel crítico para Cobre, en la hoja 17 de palma de aceite, el valor entre 25 a 35 p.p.m, para un promedio de 30 p.p.m.

Ng (1972) citado por Rosenquist, nos indica que el nivel óptimo o nivel crítico para Cobre a nivel de la hoja 17, en palma de a ceite, es de 10 p.p.m.

Ollagnier y otros (1970), dan como nivel crítico para Cobre a nivel de la hoja 17, en palma de aceite, 10 p.p.m, coincidiendo con el valor encontrado por Ng.

H.R.Von Uexkull y Fairhurst (1985), reportan como nivel crítico para Cobre, en palma de aceite a nivel de la hoja 17, de 5 a 8 p.p.m e indican que plantaciones con concentraciones inferiores a las 3 p.p.m de Cu, ya indican deficiencia.

Canchano y otros (1995), han encontrado en las plantaciones de palma de aceite, con producciones medias de 25 a 27 toneladas de fruta fresca, niveles de Cobre en la hoja 17 de 6 a 15 p.p.m.

El Manganeso (Mn): A pesar que es un elemento que no ha sido problema mayúsculo en las plantaciones de palma de aceite a nivel mundial, los diferentes investigadores no presentan valores homogéneos para tal caso de este nutriente, e indican concentraciones muy diversas a nivel de la hoja 17.

Ollagnier y otros (1970), concuerdan con Corrado (1960), e indican que los valores críticos para Manganeso en palma de aceite, a nivel de la hoja 17, es de 200 p.p.m.

Ng (1.972) citado por Rosenquist, nos indica que el nivel crítico para el Manganeso en palma de aceite, a nivel de hoja 17, esta entre los valores de 150 a 200 p.p.m para un promedio de 175 p.p.m.

H.R.Von Uexkull y Fairhurst (1985), sostienen que el nivel crítico para Manganeso en palma de aceite a nivel de la hoja 17, corresponde a un valor superior a 35 p.p.m, ya que valores inferiores indican una deficiencia.

Canchano y otros (1995), han encontrado en la Costa Norte colombiana para plantaciones adultas a nivel de la hoja 17 y con producciones medias

de 25 a 27 toneladas de fruta, niveles de Manganeso entre los valores de 120 a 220 p.p.m.

El Zinc (Zn): El Zinc, es otro elemento muy estudiado en palma de aceite, ya que la palma lo requiere con regularidad por su interacción con N, P y Cu.

Ng (1972) citado por Rosenquist, nos da como nivel crítico para Zinc en palma adulta, hoja 17, el valor entre 15 a 20 p.p.m para un promedio de 17.5 p.p.m.

H.R. Von Uexkull y Fairhurst (1985), nos indica que el valor crítico para Zinc en palma de aceite, hoja 17, está entre 12 a 18 p.p.m, para un promedio de 15 p.p.m.

En la Costa Norte colombiana, Canchano y otros (1995) han encontrado que la concentración de Zinc en plantaciones con producciones entre 25 a 27 toneladas de fruta oscila entre 17 a 25 p.p.m.

El Hierro (Fe): El nivel crítico del Hierro ha sido estudiado por diferentes investigadores y han encontrado diferentes valores para este elemento.

Eschbach (1980), indica que los contenidos de Hierro en palma de aceite adulta, nivel hoja 17, deben estar entre 40 y 50 p.p.m para un promedio de 45 p.p.m, valores encontrados en las plantaciones de Malasia.

Canchano y otros (1995), han encontrado que en plantaciones de la Costa Norte colombiana en plantaciones adultas y con producciones entre 25 a 27 toneladas, los niveles de Hierro en la hoja 17 oscilan entre los valores de 50 a 75 p.p.m, para un promedio de 62.5 p.p.m. Para plantación joven no se ha trabajado con este nutriente al menos a nivel de la Costa Norte colombiana.

Ha sido motivo de bastante discusión, en el manejo de la nutrición en palma de a ceite, el material usado para determinar la concentración nutricional a nivel aéreo y muy especial para medir la concentración del Potasio, ya que las cantidades de este nutriente pueden variar mucho dependiendo de factores tales como la edad de la plantación, la precipitación anual, la luminosidad (referido a densidad de siembra), los suelos, etc.

En la gran mayoría de los suelos se ha encontrado que la palma concentra entre 0.9 a 1.3% de Potasio a nivel de la hoja 17.

En años pasados investigadores como Teoh y Chew, propusieron el análisis del tejido del raquis de la palma de aceite como material indicado para estos efectos, por ser más sensitivo que los folíolos medios de la hoja 17. Estos autores realizando análisis de Potasio en este material, encontraron que se podrían usar los siguientes niveles de referencia para el manejo de este nutriente:

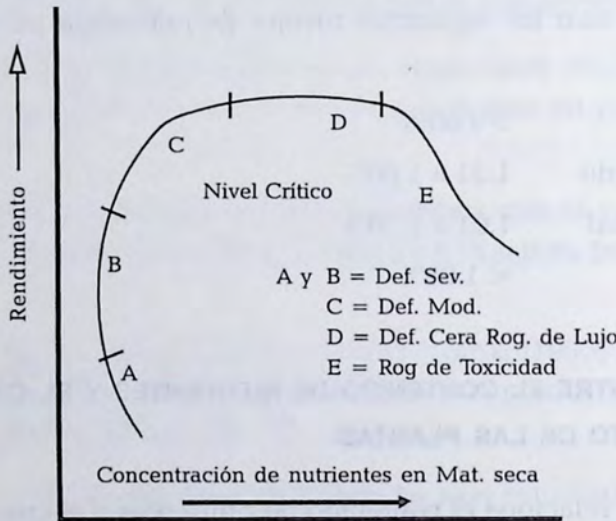
- | | |
|-------------|--------------|
| a. Alto | > 1.60% |
| b. Adecuado | 1.31 a 1.60% |
| c. Marginal | 1.01 a 1.30% |
| d. Bajo | < 1.01%. |

RELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO DE NUTRIENTES Y EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE LAS PLANTAS

Smith (1962), relaciona el contenido de nutrientes y el crecimiento o rendimiento de la planta en la siguiente gráfica (ver gráfica A), en donde A es conocido como el efecto streenbjerg, que indica que existen plantas pequeñas con muy buenas concentraciones de nutrientes. Por ello, es importante al realizar la interpretación de los análisis foliares, tener un conocimiento suficientemente claro, entre la acumulación de la materia seca y el contenido de nutrientes. Mucho cuidado con esto. La parte B de la gráfica nos indica que el crecimiento mejora, pero que existe aún la deficiencia nutricional severa. La parte C, nos indica que existe una deficiencia nutricional de tipo moderado, el crecimiento ha continuado. La parte D de esta gráfica, indica consumo de lujo y precisamente entre la parte C y D es donde se localiza el nivel crítico del nutriente estudiado. Por ello, si aplicamos fertilizante para aumentar los niveles de ese nutriente específico en la hoja por encima del nivel crítico, no tendremos respuesta, es decir no aumentaremos en ningún caso la cosecha. La parte E de la gráfica indica toxicidad y por ello reducción de crecimiento y rendimiento.

GRÁFICA N° 7

ESTA GRÁFICA INDICA LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES Y SU RELACIÓN
CON EL CRECIMIENTO O RENDIMIENTO DE LAS PLANTAS



INTERACCIÓN Y ANTAGONISMO ENTRE LOS NUTRIENTES A NIVEL FOLIAR Y DE SUELO

Para interpretar los análisis foliares, lo mismo que los de suelo, no solo se requiere del conocimiento de la concentración de cada nutriente, sino que juega un papel importante el dominio que se tenga de la información de las interacciones y antagonismos entre los nutrientes.

Jacobs y Uvexkull (1961), nos indican que las principales bases en la hoja están interrelacionadas y que la suma de ellas debe ser igual al 2% con respecto a la materia seca en la hoja 17 de la palma de aceite.

$$\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na} = 2\% \text{ de la materia seca hoja 17}$$

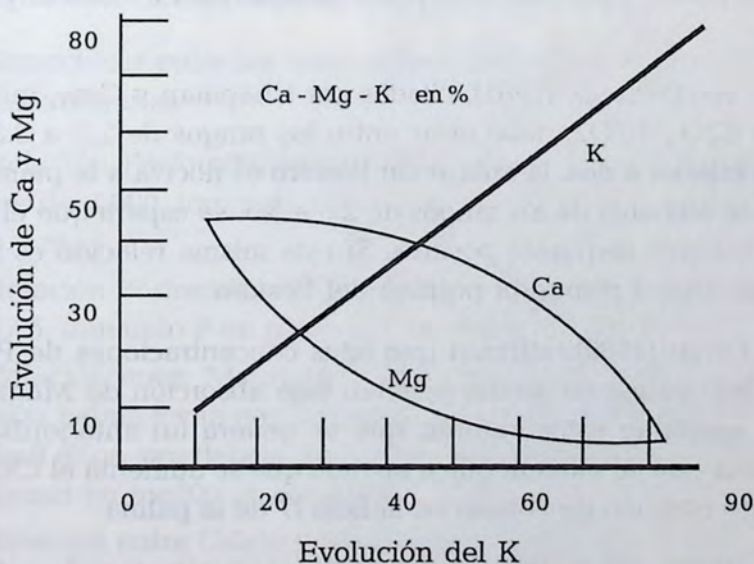
Por otra parte Broescharto, citado por Jacobs y Uvexkull (1961), indica que a nivel foliar en palma de aceite deben existir las siguientes relaciones entre las bases.

- El Potasio (K) se considera como óptimo cuando su concentración está entre 1.7 a 1.9% y que corresponde a un 67 a 70% del total de las bases.

- El Calcio (Ca) se considera en concentración óptima cuando está entre los valores de 0.55 a 0.60% en la hoja 17, correspondiendo a un 19 a 24% del total de las bases.
- El Magnesio (Mg) deberá estar en una concentración, en la hoja 17 de la palma entre los valores de 0.25 a 0.35%, que equivale a un 10 a 13% del total de las bases.

Según Prevat y Ollagnier (1957), se genera un antagonismo entre el Potasio (K) con Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), es decir que una deficiencia de Potasio se verá reflejada en un aumento de Calcio o de Magnesio a nivel foliar. Los autores presentan la siguiente gráfica, muy conocida en los tratados de nutrición.

GRÁFICA N° 8
REPRESENTA EL ANTAGONISMO ENTRE EL K
CONTRA EL CALCIO Y EL MAGNESIO A NIVEL FOLIAR



Pacheco (1985), ha encontrado que cuando se aplica Calcio como en el caso del Superfosfato, se reduce el contenido de Potasio en la hoja de palma. El antagonismo que se presenta entre el Potasio y el Magnesio está muy bien confirmado. De tal manera que al incrementar uno de los dos se

genera deficiencia del otro, por lo que deben estar siempre en un buen equilibrio o relación. Se ha observado que en suelos con altos contenidos de Magnesio, las altas dosis de Potasio, aplicadas a la palma, llevan al nivel del Magnesio por debajo del nivel crítico (Owen, citando a Habt y Keimmier. 1994).

Pacheco (1985), indica que existe un sinergismo entre el Calcio y el Magnesio en palmas jóvenes. Según pasan los años y la palma envejece, existe menos absorción de Magnesio, por ello se genera un antagonismo entre este elemento y el Calcio a nivel foliar.

Taffin y Quenez (1980), indican que cuando se tienen suelos altos en Calcio, más de 4 me/ 100 gr de suelo, y se generan deficiencias de Cloro, si se aplica el Cloruro de Potasio, como fertilizante potásico, se genera únicamente la asimilación del Cloro en grandes cantidades, pero el incremento del Cloro debe ir acompañado con el aumento de uno o varios cationes, normalmente Ca, Mg, K. Pero si los suelos son bajos en Calcio, menos de 4 me/ 100 gr de suelo, se da que tanto el Cloro como el Potasio son asimilados por la palma y por ello se deprime la absorción de Calcio y de Magnesio.

Jacobs y Vonuvexhulk (1961), citados por Chapman y Gray, indican que la relación K_2O / P_2O_5 , debe estar entre los rangos de 2.5 a 3.5. Si esta relación es inferior a dos, la aplicación Fósforo es nociva a la plantación. Si la relación se aumenta de los rangos de 2.5 a 3.5, se espera que el Potasio y el Fósforo generen respuesta positiva. Si esta misma relación es mayor de 3.50, solo se espera respuesta positiva del Fósforo.

Prieto y Owen (1989), afirman que altas concentraciones de Potasio en los suelos bajo palma de aceite, generan baja absorción de Magnesio. Por otra parte, aseguran estos autores, que se genera un antagonismo entre Cloro y Potasio, de tal manera que a medida que se aumenta el Cloro disminuye la concentración de Potasio en la hoja 17 de la palma.

Corrado (1988), Ollagnier y otros (1970), aseguran que el contenido de Fósforo influye positivamente sobre el contenido de Nitrógeno y viceversa, es decir, existe una relación directa a nivel foliar. Esta misma relación fue estudiada por Tampbulon y otros (1990) y llegó a las mismas conclusiones.

$$\%P = 0.0487N + 0.039$$

Ollagnier y otros (1970), han propuesto una relación entre Nitrógeno-Fósforo, más o menos igual a 16 ($N\% / P\% = 16$) a nivel foliar y el nivel crítico del Fósforo estará en función del Nitrógeno.

Por otra parte en la interpretación de los análisis foliar y de suelo se debe tener muy en cuenta que palma de aceite varía su requerimiento nutricional con la edad, así tenemos que según Ng (1972), la absorción de los elementos menores se incrementa a los cuarenta (40) meses de instalado el cultivo. El Boro y el Cobre son los que menos se incrementan, pero el Zinc se eleva de dos a tres veces con respecto a Boro y Cobre, mientras que el Hierro aumenta hasta veintidos veces más que el mismo Boro.

En los suelos ningún nutriente puede actuar en forma aislada, ya que por estar todos a nivel de solución interactúan unos con otros, se enmascaran o se bloquean y por ello no entran a la planta, así y ella los requiera. Todos los nutrientes se encuentran teóricamente balanceados con las necesidades fisiológicas de la palma, por ello no debería existir deficiencia, pero esto no sucede a nivel de suelo, por muchos factores, como la velocidad en la mineralización de esos suelos, materia orgánica, etc.

Las interacciones entre los nutrientes a nivel de suelo, son muchas y solo mencionares algunas:

- Relación Fósforo/Nitrógeno (P/N), esta relación debe ser mayor de 3.000, tomando Nitrógeno asimilable en % y Fósforo en p.p.m.
- Relación Fósforo/Potasio (P/K), esta relación debe ser mayor de 37.5, tomando P en p.p.m y K en me/100 gr del suelo.
- Relación entre Magnesio y Potasio (Mg/K), debe encontrarse para palma joven por debajo de 4.0 y para palma adulta, mayor de 8 años, por debajo de 2.0, en este caso ambos elementos se toman en me/100 gr del suelo.
- Relación entre Calcio y Magnesio (Ca/Mg), esta relación debe estar al rededor de 2.0, pero nunca inferior a 2.0. En este caso se toman ambos nutrientes en me/100 gr del suelo.
- La relación Magnesio/Potasio (Mg/K), debe estar si el suelo presenta arcilla de tipo 2:1, por encima de 2,0 y si las arcillas son de tipo 1:1, el valor será menor de 2.0, en este caso se toman ambos nutrientes en me/100 gr del suelo. Por otra parte, si

esta relación es menor de 1.0, lo más probable es que el Potasio impida la asimilación del Magnesio, pero si es mayor de 50 lo más probable es que el Magnesio esté impidiendo la asimilación del Potasio, aún realizando aplicaciones altas de Potasio al suelo.

- La relación $(Ca+Mg)/K$, debe ser mayor de 13.0, si está por debajo se considera que existen problemas de alto Potasio y si está por encima existe deficiencia de este nutriente.
- Aplicaciones de Azufre pueden en general reducir la absorción del Molibdeno, pero aplicaciones de Fósforo aumentan la absorción de Molibdeno.
- Altas concentraciones de Molibdeno deprimen y hacen deficiente al Hierro.
- Existe antagonismo mutuo entre Cobre y Molibdeno.
- Altas aplicaciones de Fósforo pueden deprimir y hacer deficiente al Zinc.

La relación o balance entre los nutrientes tiene su incidencia en las características de la fruta producida, por ello tenemos:

- Si el Potasio en el suelo es deficiente para la plantación y fertilizamos con dosis altas de Nitrógeno, existe una tendencia a reducirse la relación aceite/racimo. Pero si el Potasio es alto en el suelo y las dosis de Nitrógeno aplicado son bajas, existirá la tendencia a aumentarse la relación aceite/racimo.
- Por otra parte, suelos deficientes de Fósforo, no responderán a las aplicaciones de fertilizaciones potásicas ni nitrogenadas.
- Si la relación K_2O / P_2O_5 se encuentra entre 2.5 a 3.5, la plantación responderá a las aplicaciones de fertilizantes potásicos y fosforados. Si esta relación es menor de 2, no se debe aplicar fertilizante fosforado, pero si es mayor de 2, se debe aplicar Fósforo a las plantaciones. Por lo anterior, en una plantación esta relación deberá ser mayor de 3,5 por lo menos.

A nivel foliar también se generan antagonismos e interacciones entre los nutrientes en palma de aceite.

Entre estas interacciones encontramos como más importantes las siguientes:

- Las altas concentraciones de Potasio (K) a nivel foliar, generan un incremento en la concentración de cationes.
- La concentración de Ca+K+Mg deberá ser muy próxima al 2% o superior de la materia seca, a nivel foliar.
- Si la concentración de Potasio se encuentra entre 1.7 a 1.9%, esta cantidad corresponderá a 67-70% de la suma de Ca+Mg+K, a nivel foliar.
- Si la concentración de Calcio se encuentra entre 0.55 a 0.65% a nivel foliar, corresponderá a 19 - 24% de la suma de Ca+Mg+K.
- Si la concentración de Magnesio se encuentra entre 0.25 a 0.35% a nivel foliar, esta concentración corresponderá al 10 - 13% de la suma de Ca + Mg + K.
- Siempre a nivel foliar una deficiencia de Potasio, generará un aumento de Calcio y de Magnesio.
- Un exceso de Potasio a nivel foliar, genera una deficiencia de Calcio y de Magnesio.
- A nivel foliar siempre a mayor concentración de Cloruros, se genera menor concentración de Potasio.
- A mayores concentraciones de Nitrógeno en la hoja, se generará una menor concentración de Calcio y de Magnesio.
- A una mayor concentración de Nitrógeno a nivel foliar, se tendrá un porcentaje de Potasio mayor.
- A un contenido de Nitrógeno mayor en la hoja, se tendrá menor concentración de Azufre.
- A una mayor concentración de Fósforo a nivel foliar, se tendrá una mayor concentración de Nitrógeno.
- La relación N/P a nivel foliar, deberá estar alrededor de 16. Tomando tanto al N como al P en %.

Si la relación K_2O / P_2O_5 a nivel foliar está entre 2,5 a 3,5, la plantación responderá a las aplicaciones de Potasio y de fósforo. Pero si esta relación es menor de 2, no deberá aplicar fertilizante fosforado. Si la relación se

encuentra por encima de 2, se debe aplicar fertilizante fosforado. Esto es muy importante en plantaciones adultas, ya que redundaría en la producción de fruta.

EL MUESTREO FOLIAR EN PALMA DE ACEITE

Desde hace mucho tiempo, la técnica del análisis foliar se ha venido utilizando como herramienta en el diagnóstico nutricional en palma de aceite y hoy en día es una práctica indiscutible.

La hoja indicada en el muestreo. Para el diagnóstico nutricional se ha tomado la hoja 17 en plantaciones adultas y la hoja 9 en plantaciones jóvenes. Se han seleccionado estas hojas, porque se supone que es la madura funcional, fisiológicamente y por que se encuentra en una etapa de cambio composicional relativamente lento, de tal manera que allí los errores serán mínimos.

Los folíolos indicados. Como la hoja de palma de aceite es compuesta de folíolos en una nervadura central, se deben tomar los folíolos ubicados en la parte central de hoja a lado y lado de la nervadura central (parte izquierda y parte derecha). De estos folíolos se tomará la parte media con longitud entre 20 a 30 cm.

Si en la plantación se presentan problemas de toxicidad por Aluminio o Sodio, entonces se debe muestrear el sistema radicular, ya que estos nutrientes no se acumulan a nivel foliar.

Número de plantas a muestrear por área. Existen varias alternativas para realizar el muestreo, dependiendo de la organización de la plantación:

- Si la plantación está dividida o mapeada por lotes de producción semejante.
- Si la plantación se encuentra dividida o mapeada por topografía.
- Si la plantación se encuentra dividida o mapeada por áreas de nutrición.

Si se tiene cualquiera de las situaciones anteriores, en cada sector se sacarán áreas de entre 20 a 25 hectáreas, si la homogeneidad es bien grande se pueden usar áreas de hasta 50 hectáreas. En cada sector definido así se toman subáreas de 10 a 15 hectáreas y en cada subárea se tomarán 5 a 7 plantas (submuestras), las cuales se reúnen y se saca una muestra.

Un segundo sistema es cuando se tienen estaciones de monitoreo de plagas en la plantación, entonces en cada estación se submuestran 2 a 4 palmas hasta completar un área de 20 a 25 hectáreas, se reúnen y se saca una muestra.

Es importante tener en cuenta que se deben tomar por separado las muestras de la derecha y las de la izquierda, para al final tener muestras derechas y de izquierda de la misma área.

Las plantas que se muestrean deben ser muy bien marcadas y en ellas tomar las submuestras por lo menos durante 5 a 6 años, tiempo en el cual se deben cambiar por otras.

Lo más aceptable para un buen muestreo, es realizar los mapas de fertilidad o mapas de nutrición de la plantación y con ellos decidir el tamaño de las áreas representativas en el muestreo. Estos mapas deben ser revisados y ajustados por lo menos cada 4 años. En cada sección de muestreo se deben tomar como mínimo 10 palmas, si el área es de 20 a 25 hectáreas y si es de 50 hectáreas se duplicará el número de submuestras.

La palma que se debe muestrear. Las palmas seleccionadas para el monitoreo, deben ser muy representativas del área a muestrear, cualquier palma o parte aérea con características fuera de lo normal se evitará. Si se presentan áreas o lotes o secciones de lotes diferentes al resto de la sección, se deben muestrear por separado y remitirse como muestras especiales. Debe tenerse muy en cuenta que del muestreo dependerá la exactitud del análisis y el uso de esa información. Plantas con enfermedades o afectadas en la hoja a muestrear, no se deben tomar en cuenta. La planta deberá estar sana, lo mismo que su hoja seleccionada.

Manejo de la muestra foliar. Toda muestra foliar deberá tener un esmerado manejo, ya que de ella dependerá la inversión de la fertilización y el diagnóstico del estado nutricional de la plantación. Un mal manejo de la muestra puede hechar a perder todo el trabajo de varias semanas de recolección del material en el campo.

Identificación de la muestra. Cada muestra debe ser muy bien identificada, por lo menos deberá indicar:

- El bloque o unidad de muestreo
- Lotes muestreados

- Material cultivado
- Edad de la palma
- Fecha de muestreo
- Fertilización usada en el sementre o año anterior

Preparación de la muestra. Toda muestra foliar de palma, deberá ser limpiada con un paño o un algodón empapado con agua destilada, con el fin de retirarle todo el polvo que tenga en la superficie, además, se debe sacar la nervadura central. Todo esto se debe hacer tan pronto llega del campo y antes del secado.

El secado de la muestra. El secado de la muestra debe realizarse como máximo dentro de las 48 horas después de haberse tomado. La temperatura nunca debe pasar los 105°C, siendo lo óptimo mantenerla entre 70 a 80°C durante 3 a 4 horas, considerándose como punto óptimo cuando el material presenta un color gris y es crujiente o quebradizo al tacto.

Empacado y almacenamiento de la muestra. Siempre debe usarse para el manejo de la muestra bolsa de papel, en la cual se localizará la información requerida de cada muestra. El paquete de todas las muestras será acompañado de la información general de la plantación, la cual es igual a la requerida para los análisis de suelo (ver análisis de suelos). Una gran información de campo redundará en una mejor interpretación de los resultados y una mejor recomendación en el programa de fertilización.

Las muestras para llevarlas a secado se pueden colocar en papel de Aluminio.

Es importante que las muestras, ya sean las izquierdas o las derechas, se guarden en la plantación por lo menos por dos meses.

Las muestras de una plantación se deben tomar siempre en la misma época.

ELEMENTOS ANALIZADOS EN LAS MUESTRAS FOLIARES

En toda muestra foliar de palma de aceite se realizan los siguientes análisis:

Macronutrientes y Secundarios

- Potasio (K)
- Nitrógeno (N)
- Fósforo (P)
- Calcio (Ca)
- Magnesio (Mg)
- Azufre (S)

Micronutrientes

- Zinc (Zn)
- Boro (B)
- Cobre (Cu)
- Manganeso (Mn)
- Hierro (Fe)
- Molibdeno (Mo)
- Cloro (Cl)

Si se requiere de otro micronutriente, se debe solicitar en forma clara al laboratorio.

FACTORES QUE AFECTAN EL CONTENIDO DE LOS NUTRIENTES EN PALMA DE ACEITE

Existen diferentes factores que afectan el contenido de los nutrientes a nivel foliar en palma de aceite, los cuales deben conocerse muy bien para realizar la interpretación de los resultados de los análisis, entre estos factores tenemos ambientales, edáficos, de manejo, fisiológico y genéticos.

1. *Nivel o concentración del nutriente en el suelo.* Por lo general se tiene la creencia, de que lo único que puede afectar la concentración o extracción de un nutriente por la palma es su concentración en el suelo. No podemos negar que esta variable incide en forma marcada, pero no es el único factor a tener en cuenta. Se ha observado que suelos muy bien dotados de fertilidad, no generan buenas producciones si no se tiene suficiente y adecuado contenido de humedad, lo cual también puede suceder si el agua se en-

cuentra en exceso. También se ha observado que un nutriente se puede encontrar en suficiente cantidad, pero su asimilación por la palma puede ser bloqueada por otro nutriente.

2. *El estado del sistema radicular.* En la primera parte de esta publicación se planteó la información al respecto. Es simplemente lógico que una palma con un sistema radicular en mal estado, no podrá absorber los nutrientes del suelo. Por otra parte, el análisis foliar, en este caso podría ser mal interpretado si no se conoce este problema, de allí la importancia de la información que se remite al laboratorio, especialmente el estado sanitario de la plantación.

3. *La hoja muestreada y el número de foliolos.* Se ha dicho que la hoja indicada o representativa es la 17 en la palma adulta y la hoja 9 en palma joven. Si el recolector de las muestras, no tiene la información de la edad o la pericia para identificar la respectiva hoja, de seguro que el análisis foliar no representará el estado nutricional de la plantación. En esta labor es necesario tener mucho cuidado, ya que ello dependerá el futuro de la producción. Juega un papel importante el número de submuestras o plantas a muestrear por área seleccionada, pues a mayor número de submuestras más representatividad del sector muestreado. Por otra parte es necesario tomar en cuenta el número de foliolos a tomar por hoja, estos deben ser mínimo 4 por lado, es decir 4 izquierdos y 4 derechos, con lo cual obtiene una muestra muy suficiente.

4. *La edad de la palma muestreada.* Según investigaciones realizadas en Malasia y unas más recientes realizadas en Indonesia, se ha concluido que la palma de aceite aumenta sus exigencias de Potasio (K) con la edad, mientras que disminuye el requerimiento de Nitrógeno (N). Parece que los otros nutrientes no siguen este comportamiento. Lo anterior debe tenerse muy en cuenta en la interpretación del análisis foliar, al momento de generar las recomendaciones de fertilizantes, según la edad de la plantación.

5. *Los materiales genéticos instalados.* Aunque por lo general solo se da un nivel crítico para cada nutriente en palma de aceite, la verdad es que no en todas las zonas este valor es cien por ciento válido y muy especialmente si tomamos valores de un continente y otro. Es muy bien conocido que los materiales Deli son más sensibles a las deficiencias de Boro y Magnesio que los materiales africanos o Deli x africa pisífera. Por otra parte se conoce también que los cruces han sido sensibles a deficiencias de Cobre, Hierro y Manga-

neso. También se conoce y es de simple lógica, que plantaciones con materiales altamente refinado, para obtener altas producciones, son más exigentes en nutrición, por ejemplo materiales tales como: Deli x Avros, Deli x Ekona, Delí x la Mé, son más exigentes que los materiales rústicos.

6. *Interacción entre los nutrientes.* La interacción entre los nutrientes tiene una gran influencia en el contenido de nutrientes en la hoja a muestrear. La relación N/P es tan importante que el nivel crítico de P varía con el contenido de N y viceversa. Por otra parte, el contenido de Nitrógeno varía con la edad de la plantación. Lo anterior es de gran importancia tenerlo en cuenta al momento de realizar la interpretación de los análisis foliares y generar unas recomendaciones de fertilizantes para el cultivo.

7- *Las variaciones estacionales.* Dependiendo de la época del año, los niveles de los nutrientes en la hoja a muestrear pueden variar. Por ejemplo, en verano las deficiencias de Boro (B) se acentúan y en invierno desaparecen en la gran mayoría de los casos. Esto es muy notorio en la Costa Norte colombiana, en donde el verano es muy fuerte y las plantaciones no cuentan con sistemas de riegos altamente tecnificados.

LA EXPLORACIÓN DEL SISTEMA RADICULAR Y SU RELACIÓN CON LOS ANÁLISIS DE SUELO Y FOLIARES EN PALMA DE ACEITE

Los análisis físicos y químicos de los suelos son una herramienta muy útil para escoger terrenos con suelos fértiles y con buenas características físicas para el establecimiento de las plantaciones de palma de aceite. Se puede, por otra parte, determinar la necesidad nutricional a largo plazo, además de ser una gran ayuda para interpretar o diagnosticar las reales necesidades de fertilizantes que se debe aplicar.

En el caso de los cultivos perennes, como palma de aceite, el análisis de suelo, por sí solo no es una herramienta totalmente confiable en la determinación de las necesidades de fertilizantes, caso contrario a lo que sucede con los cultivos anuales o semestrales, como algodón, maíz, sorgo, etc, y ello se debe entre otras cosas a:

- Que los cultivos perennes, como palma de aceite, pueden absorber los nutrientes aún no disponibles en el momento de realizar el muestreo, ya que la absorción puede ser posterior

por las arcillas y la materia orgánica. Caso típico aplicable al Potasio (K).

- Que por el volumen de suelo, de donde las raíces extraen los nutrientes, es bastante grande y realmente el muestreo de suelo, por mucho que se haga, no llega a ser semejante siquiera a la distribución del sistema radicular.
- Que porque se conoce que la disponibilidad de los nutrientes en el suelo varía con la humedad del mismo, la condición climática, la precipitación, la topografía de la región y la temperatura ambiental y del suelo.

El muestreo de suelo en palma de aceite debe realizarse entre la mitad de la calle al borde del ploteo y siempre tomando muestras de 0.0 a 30 cm y de 30 a 60 cm de profundidad.

El sistema radicular de la palma no es superficial por naturaleza, aunque tenga su parte absorbente desarrollada entre los 0.0 a 30 cm de profundidad, pero la profundidad de penetración de este sistema de raíces dependerá de las condiciones físicas del suelo en donde crecen dichas plantaciones, así como también esta variable afecta el contenido y circulación del Oxígeno.

Por el hecho del gran área de suelo que logran explorar las raíces de las palmas, es imposible que los normales análisis de suelo logren satisfacer las necesidades requeridas para su manejo, por ello siempre se debe realizar un estudio detallado de suelos, que sí nos entregará una información más completa y detallada de cada una de las áreas, ya que se incluye el análisis físico-químico y la caracterización de calicatas. Ésta es una excelente ayuda que nos permite interpretar mejor los análisis rutinarios y poder conocer cómo puede influenciar en el estado de fertilidad la zona que exploran las raíces en el perfil. En la práctica se podrá observar cómo los perfiles más ricos y equilibrados, tanto química como físicamente, serán los que sostengan las mejores plantaciones.

Todo lo anterior nos lleva a darles un mejor manejo a cada zona según sus características y los respectivos análisis foliares y de suelo. En la costa atlántica colombiana, en donde se tienen problemas de sales y Sodio en muchas áreas, se debe dar un manejo especial a las plantaciones en estos sectores, con el fin de hacerlas realmente productivas.

Es muy importante tener en cuenta la parte física de los suelos, para poder darles un manejo muy adecuado al tenerlos bajo palma. Se han obtenido muy buenos resultados subsolando plantaciones de 12 y 15 años de edad, las cuales se encuentran ubicadas en suelos pesados y apelmazados y se ha concluido que esta labor debería realizarse por lo menos cada 4 años. La subsolada genera una mejor aireación y manejo hídrico en la plantación y por ello una mejor asimilación de los nutrientes nativos o aplicados como fertilizantes, lo cual se revierte en altas producciones.

Cómo se interpreta el análisis foliar. En el análisis foliar, lo mismo que en el análisis de suelo, para su interpretación se requiere de una serie de datos, unos obtenidos por la investigación en la propia plantación y otros de generalidades del cultivo, siendo el fundamental el nivel crítico que se maneje.

Niveles críticos manejados en palma de aceite. En la Costa Norte colombiana se han venido manejando los siguientes niveles críticos, los cuales han dado muy buenos resultados.

TABLA N° 6
NIVELES CRÍTICOS FOLIARES PARA PALMA DE ACEITE

	Deficiente	Bajo	Suficiente	Alto
N (%)	<2.30	2.40a2.50	2.60 a 2.80	>2.90
P (%)	<0.14	0.14a0.15	0.15 a 0.19	>0.19
K (%)	<0.95	0.95a1.00	1.00 a 1.20	>1.20
Ca (%)	<0.60	0.60a0.65	0.65 a 0.70	>0.70
Mg (%)	<0.18	0.18a0.27	0.27 a 0.30	>0.30
Zn p.p.m	<13.00	13.00a15.00	15.00 a 19.00	>19.00
B p.p.m	<9.00	9.00a15.00	15.00 a 17.00	>17.00
Cu p.p.m	<4.00	4.00a6.00	6.00 a 9.00	>9.00
Fe p.p.m	<50.00	50.00a60.00	60.00 a7 0.00	>70.00
Mn p.p.m	<100.00	100.00a150.00	150.00a270.00	>270.00
S (%)	<0.10	0.10a0.20	0.20a0.25	>0.25
Cl (%)	>0.25	0.25a0.50	0.50a0.57	>0.75

Problema

Si el análisis foliar de un lote bajo palma de aceite arroja los siguientes resultados: Tabla N° 7.

TABLA N° 7
EL ANÁLISIS FOLIAR DE LA PLANTACIÓN

Nitrógeno (N) %	2.65
Fósforo (P) %	0.18
Potasio (K) %	0.87
Magnesio (Mg) %	0.20
Calcio (Ca) %	0.70
Azufre (S) %	0.16
Zinc (Zn) p.p.m	21.5
Boro (B) p.p.m	12.0
Cobre (Cu) p.p.m	10.0
Hierro (Fe) p.p.m	69.8
Manganeso (Mn) p.p.m	210.0

Si la plantación tiene una edad de 13 años y el material es Deli x Ekona, qué fertilización con base a este análisis se debe aplicar.

Desarrollo:

Trabajaremos con base a una producción media de 25 toneladas/hectárea/año y aplicamos por consiguiente la tabla de consumo ya conocida para estos casos.

TABLA N° 8
TABLA DE CONSUMO NUTRICIONAL PARA UNA PLANTACIÓN DE 25 TONELADAS DE F.F./HA/AÑO EN PALMA DE ACEITE

Variables	Nutrientes en Kg/ha				
	N	P	K	Mg	Ca
Crecimiento Vegt (C.V)	40.90	3.10	55.70	11.50	13.80
Hojas podadas (H.P)	67.20	8.90	86.20	22.40	61.60
Inflorescencia masculina (I.M)	11.20	2.40	16.10	6.00	4.40
Racimos (R)	73.20	11.60	93.40	20.80	19.50
Totales	192.50	26.00	251.40	61.30	99.30

El consumo neto para generar una tonelada de fruta fresca por hectárea será calculado así:

$(C.V + R) / 25$ Por tanto tendremos:

TABLA N° 9

TABLA DE CONSUMO NETO PARA GENERAR UNA T.F.F/HA

Nitrógeno (N)	$(40.90+73.2)/25 =$	4.564
Fósforo (P)	$(3.1+11.60)/25 =$	0.588
Potasio (K)	$(55.70+93.40)/25 =$	5.964
Calcio (Ca)	$(13.80+19.30)/25 =$	1.332
Magnesio (Mg)	$(4.50+20.80)/25 =$	1.292

Con el valor encontrado para los nutrientes en la tabla anterior, que son desde ahora una constante, para generar una 1T.F.F/ha. podremos encontrar la cantidad de nutriente que requiere una palma dentro de la hectárea para generar esa tonelada. Esto se encuentra así: (consumo para generar 1 T.F.F/ha)/143, por tanto:

TABLA N° 10

TABLA DE CONSUMO POR PALMA PARA GENERAR 1 T.F.F/HA

Nitrógeno (N)	$(4.564/143) =$	0.03192Kg
Fósforo (P)	$(0.588/143) =$	0.00411Kg
Potasio (K)	$(5.964/143) =$	0.04171Kg
Magnesio (Mg)	$(1.292/143) =$	0.00903Kg
Calcio (Ca)	$(1.332/143) =$	0.00931Kg

Estos valores son constantes y se denominan con la letra (K).

El problema nos entrega los datos del análisis (V.A), lo mismo que los niveles críticos (N.C) usados en %.Ver la siguiente tabla:

TABLA N° 11

**VALORES ENTREGADOS POR EL ANÁLISIS FOLIAR (VA)
Y LOS VALORES USADOS COMO NIVELES CRÍTICOS (N.C)**

	N %	P %	K %	Mg %	Ca %
Resultados del análisis (VA)	2.65	0.18	0.87	0.20	0.70
Niveles críticos (N.C)	2.70	0.17	1.10	2.85	0.675

Nota: Los valores tomados para N.C son los promedios de los dos rangos alto y bajo en suficiente. Pero se puede tomar únicamente el bajo de suficiente.

Debe existir una diferencia o ser igual, entre los valores de VA y el N.C. Si el valor VA es menor que N.C, faltará nutriente y si es mayor o igual no

faltará nutriente. Esto se determina por diferencia de (N.C-VA), en nuestro caso serán:

TABLA N° 12
DIFERENCIA ENTRE N.C Y VA

Fórmula	N %	P %	K %	Mg %	Ca %
(N.C - VA) = VD	+0.05	-0.01	+0.23	+0.085	-0.025

Como estos valores (VD) están dados en %, se deben llevar a Kg de nutriente por palma así:

$$\text{Fórmula: VD en Kg} = [(VD \%) 130] / 100 = (NC -VA) 130/100$$

El valor de 130 no es una constante y debe calcularse en cada plantación.

TABLA N° 13
TABLA DE VALORES PARA VD EN KG POR PALMA

	N	P	K	Ca	Mg
VD en Kg/palma	+0.065	-0.013	+0.299	-0.0325	+0.1105

En este momento ya conocemos la constante K y el valor de la diferencia (VD) ambos en Kg/palma, según nuestro análisis foliar.

Como se conoce que el consumo constante neto por palma para generar por hectárea es una T.FF, este valor lo multiplicamos por el tonelaje que se quiere sacar en la plantación, en nuestro caso 25 T.FF/ha, por ello K(25), será por tanto:

TABLA N° 14
TABLA DE CONSUMO POR PALMA PARA 25 T.F.F/HA

N Kg	P Kg	K Kg	Mg Kg	Ca Kg
+0.79800	-0.10275	+1.04275	+0.22575	+0.23275

Para determinar el requerimiento o consumo total (C.T) de nutrientes por palma para generar las 25 T.FF por hectárea aplicamos la siguiente fórmula:

$$\text{Fórmula: C.T Kg/ Palma} = [(K(25) + VD)]$$

K(25) es la constante para generar 25 T.FF/ha

TABLA N° 15
CONSUMO TOTAL (CT) DE NUTRIENTE POR PALMA PARA GENERAR
POR HECTÁREA LAS 25 T.F.F.

N Kg	=	(0.798+0.065)	=	0.863Kg
P Kg	=	(-0.013+0.10275)	=	0.08975Kg
K Kg	=	(0.299+1.04275)	=	1.34175Kg
Mg Kg	=	(0.1105+0.22575)	=	0.33625Kg
Ca Kg	=	(-0.0325+0.23275)	=	0.20025Kg

Según los cálculos anteriores debemos aplicar por palma y por hectárea para obtener una producción de fruta fresca de 25 toneladas, y manteniendo el resto de condiciones en un estado muy adecuado o cerca del 100%, las siguientes cantidades de nutrientes:

TABLA N° 16
TABLA DE CONSUMO TOTAL DE NUTRIENTES PARA GENERAR
UNA PRODUCCIÓN DE 25 T.F.F/HA

Nutriente	Kg por palma	Kg por hectárea
Nitrógeno (N)	0.863	123.41
Fósforo (P)	0.08975	12.834
Potasio (K)	1.3418	191.877
Magnesio (Mg)	0.33625	48.084
Calcio (Ca)	0.20025	28.635

El suelo tiene una buena mineralización para el Calcio por ello no se debe aplicar este nutriente.

La gran mayoría de los que realizan una interpretación foliar llegan hasta este punto y aplican estas cantidades por palma, pero la realidad es que palma requiere además nutrientes para generar hojas nuevas, al ser quitadas por la poda y para formar sus inflorescencias maculinas. En verdad todo este material pasará al suelo. ¿Pero en qué tiempo se mineraliza?, para poder dejar libre los nutrientes que contienen, si es en la Costa Norte colombiana, este proceso dura años, ya que las paleras solo tienen contacto con el suelo en la parte baja y por ello es la parte que se descompone. Entonces debemos tener muy en cuenta el requerimiento para generar estas estructuras y aplicar esta cantidad de nutriente.

Para generar 25 T.F.F, por efectos de podas e inflorescencias masculinas la plantación requiere por hectárea de las siguientes cantidades de nutrientes. Estas cantidades están referenciadas en la tabla de consumo nutricional dada anteriormente y usada en los cálculos iniciales del problema. Estos datos son unas constantes, según esta tabla, pero se deberían obtener en cada plantación para trabajar con datos más reales.

TABLA N° 17

**EXIGENCIAS DE UNA PLANTACIÓN PARA GENERAR 25TFF/HA SEGÚN
PODAS E INFLORESCENCIAS MASCULINAS**

Nutrientes Kg/ha	Podas	Inflorescencias masculinas
Nitrógeno (N)	67.20	11.20
Fósforo (P)	8.90	2.40
Potasio (K)	86.20	16.10
Magnesio (Mg)	22.40	6.00
Calcio (Ca)	61.60	4.40

Totales de los nutrientes requeridos para los dos parámetros.

N K/ha	(67.2+11.20) =	78.40
P Kg/ha	(8.90+2.4) =	11.30
K Kg/ha	(86.2+16.1) =	102.30
Mg Kg/ha	(22.4+6.0) =	28.40
Ca K/ha	(61.6+4.4) =	66.00

En nuestro caso despreciamos el Calcio (Ca) ya que el suelo posee suficiente.

Por tanto el requerimiento real total para cada nutriente para generar 25T.F.F sería:

TABLA N° 18

TOTAL NUTRIENTE POR HECTÁREA EN KG

Nitrógeno (N)	123.41	+	78.4	=	201.81
Fósforo (P)	12.834	+	11.3	=	24.134
Potasio (K)	191.877	+	102.3	=	294.177
Magnesio (Mg)	48.084	+	28.4	=	76.484

Veamos qué sucede con los micronutrientes a nivel foliar: se conoce que para generar 25 T.F.F por hectárea en una plantación de palma de aceite, se requiere de la siguiente cantidad de micronutrientes.

TABLA N° 19

REQUERIMIENTO DE MICRONUTRIENTES EN UNA PLANTACIÓN DE PALMA DE ACEITE PARA GENERAR 25 T.F.F POR HECTÁREA

Micronutriente	Gr/ha	Kg/ha
Manganeso (Mn)	33.75	0.03375
Hierro (Fe)	61.75	0.06175
Boro (B)	53.75	0.05375
Cobre (Cu)	119.00	0.1190
Zinc (Zn)	123.25	0.12325

Para generar una (1) T.F.F/ha se requiere por hectárea de la siguiente cantidad:

TABLA N° 20

REQUERIMIENTO DE MICRONUTRIENTE PARA GENERAR UNA (1) T.F.F/HA

Elemento	Gr/ha	Kg/ha
Manganeso (Mn)	1.35	0.00135
Hierro (Fe)	2.47	0.00247
Boro (B)	2.15	0.00215
Cobre (Cu)	4.76	0.00476
Zinc (Zn)	4.93	0.00493

Como la hectárea tiene 143 plantas, el requerimiento (N) por palma será de:

TABLA N° 21

TABLA DE CONSUMO POR PALMA

Elemento	Gr/palma	Kg/palma
Mn	0.0094	0.000094
Fe	0.0173	0.0000173
B	0.0151	0.0000151
Cu	0.0333	0.0000333
Zn	0.0345	0.0000345

El análisis foliar reporta para micronutrientes los datos que se presentan en la tabla No 22 y además se dan los valores de los niveles críticos usados (valores promedios del rango suficiente).

TABLA N° 22
CONCENTRACIÓN DE LOS MICRONUTRIENTES A NIVEL FOLIAR
Y LOS NIVELES CRÍTICOS USADOS

Criterios	B p.p.m	Cu p.p.m	Fe p.p.m	Mn p.p.m	Zn p.p.m
En el análisis (VA)	12	10	69.8	210	21.5
Nivel Crítico (NC)	16	7.5	65.0	210	17.0

N.C corresponde a los valores medios del rango suficiente

Como el análisis reporta los resultados en p.p.m, se deben pasar o transformar a %, de la misma manera que los valores de los niveles críticos usados. Para esto se aplica la siguiente fórmula:

$$\% \text{ VA } \text{ ó } \text{ NC} = [(VA \text{ ó } \text{ NC p.p.m})100]/1.000.000$$

$$\text{Ejemplo: } [(12 \text{ p.p.m}) 100]/1.000.000 = 0.0012\%$$

TABLA N° 23
RESULTADOS (VA) Y NC DE MICRONUTRIENTES EN %

Criterios	B %	Cu %	Fe %	Mn %	Zn %
En el análisis (VA)	0.0012	0.00100	0.00698	0.00210	0.00215
Nivel crítico (NC)	0.0016	0.00075	0.00650	0.00210	0.00170
Diferencia (D)	0.0004	-0.00025	-0.00048	0.00000	-0.00045

$$D = \text{NC} - \text{VA}$$

Con la diferencia (D) calculada en % podemos determinar la cantidad requerida (R) para nivelar VA a NC por palma de la siguiente manera:

$$R = (D) 130 / 100 \text{ de donde } D = (\text{NC}-\text{VA})$$

El valor de 130 no es una constante ya que varía en cada plantación y lo mejor es determinarlo para cada hacienda, de esta manera se tendrá un mejor cálculo.

TABLA N° 24
REQUERIMIENTO (R) EN KG / PALMA PARA NIVELAR
HASTA EL NIVEL CRÍTICO

Boro (B)	$[(0.0016-0.0012)130/100]$	=	0.00052
Cobre (Cu)	$[(0.00075-0.0010)130/100]$	=	0.000325
Hierro (Fe)	$[(0.0065-0.00698)130/100]$	=	0.000624
Manganeso (Mn)	$[(0.0210-0.0210)130/100]$	=	0.0000
Zinc (Zn)	$[(0.00170-0.00210)130/130]$	=	0.000585

Como ya conocemos el valor N que se debe aplicar por palma para generar una (l) T.F.F/ha, para producir 25 T.F.F/ha será:

$$N \times 25 = K \text{ (constante para cada plantación)}$$

TABLA N° 25
REQUERIMIENTO K PARA PRODUCIR 25 T.F.F.

Kg/palma/una T.F.F/hax25	=	Kg/palma/25 T.F.F/ha
Mn	0.0000106×25	0.000265
Fe	0.0000173×25	0.000433
B	0.0000151×25	0.000378
Cu	0.0000333×25	0.000833
Zn	0.0000345×25	0.000863

El requerimiento total de micronutrientes se realiza por palma de la siguiente manera:

$$\text{Total Requerimiento (TR) Kg/palma} = R + K(25) = [(NC-VA)1.3] + K(25)$$

TABLA N° 26
REQUERIMIENTO TOTAL (RT) DE MICRONUTRIENTES POR PALMA

Elemento	TR en Kg/palma
Manganeso (Mn)	$(0.00+0.00025)$ = 0.000265
Hierro (Fe)	$(-0.000624+0.000433)$ = -0.000191
Boro (B)	$(0.000520+0.000378)$ = 0.000898
Cobre (Cu)	$(-0.000325+0.000833)$ = 0.000508
Zinc (Zn)	$(-0.000624+(-0.00019))$ = -0.000815

Por consiguiente según todo este análisis se debe aplicar por hectárea para obtener una producción de 25 TFF/ha.

TABLA N° 27
APLICACIÓN POR HECTÁREA

Nitrógeno (N)	201.810Kg/ha
Fósforo (P)	24.134Kg
Potasio (K)	294.177Kg
Magnesio (Mg)	76.484Kg
Manganeso (Mn)	0.0379Kg
Hierro (Fe)	0.0000Kg
Boro (B)	0.1284Kg
Cobre (Cu)	0.0726Kg
Zinc (Zn)	0.0000Kg

Si tenemos en cuenta el aporte del suelo, que es de la siguiente magnitud:

TABLA N° 28
APORTE NUTRICIONAL DEL SUELO

Nitrógeno (N)	124.32 Kg/ha
Fósforo (P)	33.30 Kg/ha
Potasio (K)	181.81 Kg/ha
Magnesio (Mg)	319.68 Kg/ha
Calcio (Ca)	1.824.00 Kg/ha
Boro (B)	1.11 Kg/ha

Por consiguiente, si el suelo aporta, el requerimiento total real a aplicar como fertilizante será el siguiente:

TABLA No 29
REQUERIMIENTO REAL POR HECTÁREA

N	=	201.81-124.32	=	77.49Kg/ha
P	=	24.134-33.30	=	-9.166Kg/ha
K	=	294.177-181.81	=	122.367Kg/ha
Mg	=	76.484-319.68	=	-243.196Kg/ha(290.376Kg/ha)*
B	=	0.1284-1.11	=	-0.9816Kg/ha(0.444Kg/ha)*

- El Mg se corrige, debido a que el Mg en un suelo palmero su promedio debe ser 2.05 me/100 gr, lo que es igual a 546.12 Kg de Mg/ha, como el suelo solo reporta 319.68 Kg de Mg/ha, se requiere al menos llevarlo al menos a nivel con el promedio para mantener la reserva (546.12 - 319.68 = 226.44 Kg/ha).
- Según el análisis foliar se debe aplicar Boro y el suelo no lo puede aportar, ya que el promedio de Boro para un suelo palmero es de 1.1 p.p.m y nuestro suelo solo tiene 0.5 p.p.m. Se debe aplicar el Boro hasta alcanzar al menos el nivel bajo en el rango suficiente para suelo que es de 0.7 p.p.m (0.7-0.5 = 0.2 p.p.m o sea 0.444 Kg de B/ha).

Los suelos han demostrado que mineralizan muy bien P, Ca, Mn y Cu, por ello no debemos aplicarlos.

CÁLCULO PARA LOS FERTILIZANTES COMERCIALES A USAR

Requerimientos ingrediente activo

N	=	77,490 Kg/ha 0,541 Kg/palma
K	=	112,367 Kg/ha 0,786 Kg/palma
Mg	=	226,440 Kg/ha 1,583 Kg/palma
B	=	0,444 Kg/ha 0,0031 Kg/palma

Llevaremos en primer instancia K y Mg a K_2O y MgO .

Para K:

94 Kg de K_2O 78,000 Kg de K

X 112,367 Kg de K

X = 135, 416 Kg de K_2O /ha

Para Mg:

40 Kg de MgO 24,000 Kg de Mg

X 226,440 Kg de Mg

X = 377, 40 Kg de MgO /ha

Las fuentes a usar como fertilizantes serán:

- Úrea, que contiene 46% de N
- Cloruro de Potasio (KCl), que contiene el 60% de K_2O
- Óxido de Magnesio (MgO), que contiene el 95% de MgO puro
- Bórax del 45% de Bórax

Cálculo del SAM:

100 Kg de Úrea 46,00 Kg de N

X 77,49 Kg de N

X = 168, 45 Kg de Úrea /ha

Cálculo del Óxido de Magnesio comercial (MgO):

100 Kg de MgO (comercial) 95,00 Kg de MgO (puro)
 X 226,44 Kg de MgO (puro)
X = 238,36 Kg de MgO(comercial)/ha

Cálculo del Cloruro de Potasio (KCl):

100 Kg de KCl (60%) 60,000 Kg de K₂O
 X 112,352 Kg de K₂O
X = 187,253 Kg de KCl (60%)/ha

Cálculo del Bórax comercial:

291,20 Kg de Bórax puro 40,400 Kg de B
 X 0,444 Kg de B
X = 3,20 Kg de Bórax puro/ha
 100 Kg de Bórax comercial 45,0 Kg de Bórax puro(TBS)
 X 3,2 Kg de Bórax puro(TBS)
X = 7,11 Kg de Bórax Comercial/ha

Por tanto por palma debemos aplicar:

TABLA N° 30
REQUERIMIENTO PRODUCTO COMERCIAL

Fertilizante	Kg/palma/Semestre
Úrea	0.590
MgO (95%) Comercial	0.830
KCl	1.31
Bórax (45%)Comercial	0.025

Nota: Se debe añadir a cada fertilizante la pérdida que este sufre. Ver eficiencia.

Es necesario aclarar que los niveles críticos usados en este trabajo pueden ser cambiados, según las tablas que maneje el ingeniero agrónomo de campo, de la misma manera que el valor de l30. Recuerde que todo esto se encuentra sujeto a la investigación que se tenga en cada plantación.

PARTE 7

ETAPAS EN LA FERTILIZACIÓN DE PALMA DE ACEITE

La palma como cualquier elemento vivo que nace, crece, se reproduce y muere, tiene etapas durante su vida que se definen por hábitos alimenticios y no solo por la calidad sino por la cantidad de los nutrientes que requiere en cada una de estas etapas. Las etapas son supremamente definidas, así tenemos una primera que es la de previvero y una segunda, la de vivero, estas dos definen el tipo de planta a llevar a campo, de allí la importancia en su nutrición y manejo. Una tercera etapa, la comprendida entre 0 y 4 años en el campo. Esta etapa definirá la calidad de palma adulta, en desarrollo y capacidad de almacenamiento de nutrientes en su etepe, cuestión importante ya que podemos manejar esa capacidad de reserva de la planta para épocas de alimentación crítica o deficiente, como en el caso de pasar la plantación al manejo orgánico. La cuarta etapa es la de palma adulta, en ella se reflejará el manejo que se ha dado a la plantación desde su nacimiento, esta etapa por lo general durará hasta los 20 años de instalada en el campo, es la etapa más importante para el palmicultor, porque es el tiempo de máxima producción de racimos y calidad de fruta, pero es necesario entender que todo ello depende del manejo inicial del cultivo. A partir de los 20 años se considera la plantación ya vieja, lo cual no correlaciona en forma estrecha con bajas producciones, ya que existen plantaciones con mayor edad y muy buenas producciones. Normalmente este término, en la Costa Norte colombiana, se usa para definir una palma muy alta y ya difícil de manejo en el campo, especialmente en lo referente a la poda y recolección de la fruta. La última etapa es la muerte o renovación del cultivo, por lo expuesto en la anterior etapa. En cada etapa la alimentación de la palma es diferente, aunque básicamente se maneja con base en Nitrógeno y Potasio en la mayor parte de su vida.

La fuente y cantidad de nutriente que se debe aplicar a las plantaciones de palma de aceite, dependen directamente del suelo y su contenido nutricional y aún del tipo de agua de riegos utilizada.

En la Costa Norte colombiana es necesario tener en cuenta que palma de aceite sufre deficiencia de Boro (B) en todas las áreas de cultivo, lo mismo que de Nitrógeno. Lo anterior es posiblemente debido a su posición geográfica, ya que las altas temperaturas y los grandes porcentajes de microorganismos del suelo mineralizan rápidamente la materia orgánica, liberando al Nitrógeno y al Boro, los cuales se pierden por diferentes factores o el Boro se inmobiliza por deficiencia de humedad.

El Potasio (K) por su parte, aunque se encuentra en cantidades hasta cierto punto suficientes a moderadamente bajas (entre 0.25 a 0.34 me/ 100 gramos de suelo), se deberá aplicar en forma sostenida debido a las altas exigencias del cultivo por este nutriente. El elemento Fósforo (P) prácticamente no es problema, aunque en áreas de textura liviana, el cultivo responderá a sus aplicaciones y siempre y cuando el elemento se encuentre por debajo de 13 p.p.m de P. El Azufre (S) es otro elemento, fundamental en palma, que ha mostrado niveles bajos en la mayoría de las plantaciones, lo cual es hasta cierto punto lógico, si conocemos que los niveles de materia orgánica son bajos en esta zona, que son suelos aluviales y en donde el uso de este elemento es extremadamente escaso. El Calcio (Ca), es un elemento prácticamente sin problemas de deficiencia en la gran mayoría de las plantaciones, pero sí puede afectar por un exceso, aunque, normalmente se encuentra por encima de los 3 me/ 100 gramos de suelo. El Magnesio (Mg), en muchas plantaciones llega a ser problema, por deficiencia en los suelos, ya que este elemento es lavable o lixiviable y su uso por palma es alto, por ello se recomienda como fertilizante en forma muy común, para evitar problemas de deficiencia grave. Los problemas de salinización, sí son muy comunes en muchas plantaciones de esta zona y se deben manejar, muy especialmente, con base en riegos y drenajes, ya que las sales solo se pueden lavar, no enmendar. Por otra parte, también es común encontrar problemas de sodización, que son más graves que los de salinización, ya que palma resiste más a los suelos salinos que a los alcalinos. Los suelos alcalinos se deben enmendar y luego lavar y nunca hacer lo contrario.

Un problema bastante agudo es la física de suelos, el cual es probablemente más importante que la misma química de suelos.

Nos referimos en este caso muy especialmente al apelmazamiento o capa endurecida en el perfil, generada por manejo o por una mala preparación de los lotes antes de la siembra. La palma de aceite bajo condiciones de suelos compactados sufre por la falta de Oxígeno a nivel del sistema radicular,

el agua no penetra en el perfil, por lo que se genera un problema hídrico de la misma manera que la planta pierde penetrabilidad de su sistema radicular, reduciendo con ello su estabilidad en el suelo y su exploración de la masa suelo para tomar los nutrientes. Es por tanto necesario tener mucho cuidado con esta situación en las plantaciones.

Según las características de cada área dentro de la finca, así se tomarán las decisiones de manejo para cada una y no manejar la plantación bajo un solo concepto, lo cual es muy común y muy errado.

A continuación discutimos algunos aspectos generales sobre el manejo de la fertilización en la zona palmera de la Costa Norte colombiana, basados en el manejo de campo y el conocimiento de estos suelos.

FERTILIZACIÓN EN VIVEROS

Algunos autores como Rodríguez y otros en el Brasil (1987), indican que el uso de un suelo con pH de 4.40, con materia orgánica de 3.1%, con Fósforo de 28 p.p.m, con Calcio de 3.35 me/100 gr, con Magnesio de 3.22 me/100 gr y Potasio de 0.27 me/100 gr, en el relleno de bolsas para vivero generan muy buenos resultados cuando se hace la siguiente fertilización: 45 gr de Úrea/bolsa, 50 gr de Superfosfato triple/bolsa y 15 gr de Cloruro de Potasio/bolsa, aplicaciones que deben o pueden ser fraccionadas durante el ciclo.

En Ecuador, Rivadeneira (1983), recomienda la siguiente fertilización con base en los niveles de los nutrientes en el suelo usado en viveros.

TABLA N° 31

TABLA DE RIVADENEIRA PARA FERTILIZACIÓN EN VIVEROS

Nivel en el suelo	Fertilización gramos/palma			
	Úrea	S.F.T	KCl	MgSO4
Bajo (B)	130	66	67	167
Medio (M)	87	33	34	111
Alto (A)	55	22	0.0	84

Estas cantidades deben ser aplicadas en la palmita de la siguiente manera:

Edad	% del fertilizante a aplicar
3 meses	10%
6 meses	30%
9 meses	60%

Owen E y otros (1978) y Jiménez (1988), teniendo en cuenta los niveles de materia orgánica del suelo usado en el llenado de las bolsas, recomiendan la siguiente fertilización nitrogenada, según la edad en vivero.

TABLA N° 32

FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN VIVERO SEGÚN MATERIA ORGÁNICA

Edad en meses	% de materia orgánica en el suelo usado		
	0.0 a 2.0	2.0 a 4.0	>4.0
1.0	0.00	0.00	0.00
2.0	0.00	0.00	0.00
3.0 a 4.0	3.00	2.00	1.00
5.0 a 6.0	4.50	3.00	1.50
7.0 a 8.0	6.00	4.00	2.00
9.0 a 10.0	9.00	6.00	3.00
11.0 a 12.0	12.00	8.00	4.00

En la Costa Norte colombiana, Méndez A, Ulloa E y Canchano E, han propuesto la siguiente fertilización para manejar los viveros. Los datos que se reportan son el producto de la experiencia de campo que se ha sacado de esta zona. Se tiene en cuenta la edad de la palma y se usan dos fertilizantes: Úrea, 17-6-18-2 y Bórax del 25%.

TABLA N° 33

TABLA DE FERTILIZACIÓN EN VIVEROS

Edad de la palma en meses	Gr de fertilizante / bolsa		
	17-6-18-2/mes	Úrea/mes	Bórax al 0.3%
0 a 2	8.00*	6.00*	0
3 a 8	25.00*	6.00*	1**
9 a 12	30.00*	10.00*	2**

* Fraccionado por semana

1** Una aplicación al mes

2** Dos veces al mes

Esta fertilización solo debe realizarse si el material usado en las bolsas tiene un grado de fertilidad bueno.

Se debe tener en cuenta el análisis del suelo usado y la mezcla debe hacerse con cascarilla de arroz, de la misma manera que el sistema de riego, si estos factores no son bien controlados, ninguna fertilización será buena.

EL ÓPTIMO APROVECHAMIENTO DE LOS FERTILIZANTES EN EL SUELO

La aprovechabilidad de los nutrientes por la palma de aceite en forma óptima, podemos decir que no se genera, ya que este proceso está muy ligado a una serie de factores del suelo y a las condiciones de manejo de la fertilización que impiden que ese proceso de aprovechamiento óptimo se efectúe en forma normal. Entre estos factores tenemos:

A. LA PÉRDIDA DE LOS NUTRIENTES

Uno de los aspectos más importantes de la aplicación de fertilizantes al suelo es el alto potencial de pérdida de los nutrientes por lixiviación, arrastre o volatilización, debido a la forma de manejar los riegos (inundación) y sin el control de los contenidos de humedad, aún más cuando se fertiliza al iniciar la época invernal.

Aunque no en todas las plantaciones de palma de aceite de la Costa Norte colombiana se ha llegado a medir la pérdida de nutrientes cuando se aplican como fertilizantes químicos u orgánicos, sí conocemos que ellas existen y ya se han medido en algunos trabajos aislados en esta zona, así tenemos que para Nitrógeno la eficiencia oscila entre el 50 al 60% o sea que las pérdidas van desde el 40 al 50%; para Fósforo se tienen datos que indican que su eficiencia oscila entre el 30 y el 40% o sea que las pérdidas son del orden del 70 al 60%; para Potasio se ha estimado que la eficiencia oscila entre los valores de 55 a 65%, lo que nos da una pérdida entre el 45 al 35%; para el Magnesio se ha estimado una eficiencia entre el 75 y el 90% o sea que se tienen pérdidas del orden de 1 25 a 10%; para Calcio, aunque su uso es prácticamente nulo en esta zona, se tienen datos de que su eficiencia oscila entre el 80 al 90%, o sea que tenemos pérdidas del orden del 20 al 10%. Estos valores pueden cambiar dependiendo si los suelos presentan texturas pesadas, medias o livianas. Normalmente en los suelos arenosos las pérdidas son elevadas, debido a la baja capacidad de intercambio de cationes, sistema radicular poco desarrollado, lavado por efecto de lluvias y riegos, el bajo porcentaje de materia orgánica y la manera de manejar el programa de fertilización en estos sectores. La forma en que se coloca el fertilizante incide mucho en la pérdida.

B. EL FRACCIONAMIENTO DE LA FERTILIZACIÓN

Con el fin de evitar las altas pérdidas de los nutrientes, por lo factores mencionados en literal a, se recomienda como norma general fraccionar la aplicación o dosis de fertilizantes a usar en el año, en el mayor número de veces, tanto en primer como en el segundo semestre del año. Esta práctica debe ser usada con énfasis en las áreas de suelos livianos y muy livianos, en donde la retención de nutrientes es muy baja y en aquellos en donde la materia orgánica es bastante deficiente. Por otra parte, se recomienda desarrollar estudios tendientes a medir las pérdidas totales de los nutrientes en cada lote o área de las plantaciones, con el fin de mejorar la práctica de la fertilización.

En la Costa Norte colombiana se ha generalizado la práctica de fertilización en palma de aceite en dos fracciones, una parte (50%) en el primer semestre, durante los meses de abril a mayo y una segunda fertilización (50% restante) en el segundo semestre entre los meses de septiembre a octubre, ya se debe pensar en fraccionar en cada semestre la dosis a aplicar, dependiendo del tipo de suelo.

El fraccionamiento de la fertilización en palma de aceite es muy importante, ya que al aplicar dosis bajas la planta tiene la oportunidad de usarlo mejor, es decir se le da la oportunidad de que tenga nutriente disponible en forma casi que continua, por lo que la eficiencia es mucho mejor y por ello se puede llegar a bajar la dosis que se aplica anualmente.

LA FERTILIZACIÓN DE PALMA DE ACEITE EN LA COSTA NORTE COLOMBIANA

En términos generales podemos decir que la fertilización en palma de aceite depende de varios factores, siendo los más importantes:

- Análisis del suelo
- Características físicas del suelo
- Análisis foliar
- Edad de la plantación
- Manejo de campo de la plantación

Generalmente no falta el Nitrógeno y el Potasio en un programa de fertilización, aunque el Azufre debe estar presente, ya sea como fuente inde-

pendiente o como elemento acompañante del Nitrógeno o del Potasio. Por otra parte, el Calcio y el Magnesio, en la gran mayoría de estos suelos no se requiere, aunque el Magnesio es más importante, dependiendo de la edad de la plantación.

Dentro de los micronutrientes o elementos menores, el Boro (B) debe estar siempre presente en la fertilización, ya que las deficiencias de este nutriente son muy comunes y además por su comportamiento a nivel del suelo (inmovilidad). Las aplicaciones de Fósforo son eventuales, pero se debe tener cuidado con ellas y solo se debe hacer uso de este nutriente cuando los análisis de suelo y foliares así lo indiquen, por lo general los suelos de esta zona poseen suficiente Fósforo para mantener la palma de aceite.

Desde ningún punto de vista se recomendaría una aplicación masiva de cal en los suelos de esta zona, solo que se requiera como una enmienda, ya que se puede provocar un desbalance en la relación $(Ca+Mg)/K$ y Ca/Mg . Relaciones que deben manejarse con sumo cuidado en palma de aceite. Dentro de este concepto la calcita ($CaCO_3$) será más perjudicial, ya que induce con mayor frecuencia deficiencia de Magnesio. En el caso de que los suelos requieran de Calcio, lo mejor es usar una cal (dolomita) que nos aporta Calcio y Magnesio.

En algunos suelos de la Costa Norte colombiana, además de la importancia que amerita en Nitrógeno, el Potasio y el Boro en la fertilización de palma de aceite, tienen una especial relevancia el Calcio y el Magnesio, debido a que los niveles de estos nutrientes tienden a ser bajos en el suelo.

Es necesario poner mucho cuidado en los micronutrientes, y muy especialmente en el Zinc, el Cloro y el Manganeso, por su gran importancia en palma de aceite.

El Cobre por lo general, es alto a suficiente en estos suelos y por ello no amerita aplicarlo, aún más, a nivel foliar siempre aparece en cantidades altas a suficientes.

Según el conocimiento y la experiencia acumulada en el campo sobre el cultivo de palma de aceite, en la región de la Costa Norte colombiana, la fertilización se debe realizar teniendo en cuenta los factores antes mencionados y en especial la edad de la plantación. Normalmente se definen etapas bien caracterizadas por el tiempo que dura la palma dentro de ella, así tenemos:

Primera etapa: Vivero. El vivero tiene dos subetapas, la de pre-vivero y la de vivero propiamente dicha. *En pre-vivero*, la fertilización es cero y basta con tener un muy buen material edáfico como sustrato. Sin embargo se puede generar una fertilización en pre-vivero, pero muy cuidadosa, debido a que son plántulas de escaso sistema radicular y por tanto de poca exploración en la masa suelo, Von Uexkull, ha reportado muy buenos resultados aplicando una tableta de 7 a 8 gr de 10-10-5-2 (N-P-K-Mg) a la tercera semana de colocada la semilla germinada en las bolsas pequeñas. Foliarmente se debe aplicar fertilización, pero a partir de la cuarta semana en bolsita o sea al emitir la primera hoja. Esta fertilización puede ser la siguiente:

TABLA N° 34
FERTILIZACIÓN FOLIAR EN PRE-VIVERO

4 semana (1 hoja):	Aplicar 30 gr de Úrea/ 18 litros de agua/ 400 plántulas.
5 semana	Aplicar 50 gr de 15-15-15/ 18 litros de agua/ 400 plántulas
6 semana	Aplicar 50 gr de 15-15-15/ 18 litros de agua/ 400 plántulas
7 semana	Aplicar 65 gr de 15-15-15/18 litros de agua / 400 palmitas
8 semana	Aplicar 80 gr de 15-15-15/18 litros de agua / 400 palmitas

Como se observa la etapa de previvero dura ocho semanas y de allí las palmitas pasarán a la etapa de vivero propiamente dicho.

Vivero propiamente dicho: Se deben tener bolsas grandes llenas con un material muy apropiado dependiendo de cada región, pero en esta mezcla se debe incluir por lo menos el fertilizante fosfatado, que puede ser roca fosfórica, DAP o el Superfosfato, pero siempre en dosis que no pasen del 0.01% de P.

Al transplantar las palmitas a bolsa grande y para evitar el efecto del stres o shock que pueden sufrir, se debe aplicar según Von Uexkull, dos a tres tabletas del fertilizante 10-10-5-2, que es de jardinería y de mineralización y solubilidad muy lenta, lo que permite un buen contenido de nutrientes por lo menos hasta el mes octavo en bolsa. Por otra parte, se tienen programas de fertilización foliar que han dado buenos resultados aunque ninguno de estos programas se debe considerar una camisa de fuerza para ninguna región, ya que cada una ha desarrollado con la experiencia una forma adecuada de fertilizar sus viveros.

Un programa para fertilización en vivero propiamente dicho, puede ser el siguiente:

TABLA N° 35

FERTILIZACIÓN EN VIVERO

Palma-edad semanas	Fertilizante y cantidad por palmita	
9	3.0 gr	de 15-15-15
10	3.0 gr	de 15-15-15
12	6.0 gr	de 15-15-15
14	6.5 gr	de 12-12-17-2
16	6.0 gr	de 15-15-15
18	6.5 gr	de 12-12-17-2
20	6.0 gr	de 15-15-15
22	6.5 gr	de 12-12-17-2
24	6.0 gr	de 15-15-15
26	13.0 gr	de 12-12-17-2
28	12.0 gr	de 15-15-15
30	13.0 gr	de 12-12-17-2
32	12.0 gr	de 15-15-15
34	28.0 gr	de 12-12-17-2
36	25.0 gr	de 15-15-15
40	28.0 gr	de 12-12-17-2
44	28.0 gr	de 12-12-17-2
46	28.0 gr	de 12-12-17-2
48	28.0 gr	de 12-12-17-2
51	30.0 gr	de 12-12-17-2
54	30.0 gr	de 12-12-17-2
57	30.0 gr	de 12-12-17-2
60	30.0 gr	de 12-12-17-2

Después de la semana 24 se deben realizar aplicaciones foliares cada 2 semanas con Nitrato de Potasio en solución del 2.5 % o sea 25 gramos del producto por litro de agua. Esta aplicación depende del desarrollo y estado de la palmita. También deberá realizar por lo menos, desde la semana 28, aplicaciones foliares o edáficas de Boro.

La etapa de vivero propiamente dicha durará un año. Por tanto la etapa de vivero tendrá una duración de 68 semanas en promedio.

Segunda etapa: Palma muy joven. Esta etapa va desde la instalación de la palmita en el hueco de siembra definitivo en el campo, hasta cumplir sus tres primeros años de instalada allí, por lo cual ha debido entrar en produc-

ción. Al llevar la palmita al campo, por las mismas condiciones de luminosidad, temperatura, riego y manejo en el proceso de siembra, ésta sufre un stress o shock, y además porque debe salir del cespedon de la bolsa y adaptarse a su nuevo medio suelo, por ello desde aquí se debe iniciar un programa de fertilización muy bien balanceado, de tal manera que la palma organice todo su sistema para responder a altas producciones de fruta, esta etapa es crítica en palma de aceite, no solo por su instalación, sino porque debemos procurar que la palma desarrolle un sistema radicular tan abundante y grande que sea capaz de explorar un gran área del suelo durante toda su vida.

De la misma manera que en el vivero, no existe un programa riguroso aplicable en forma indiscriminada en esta etapa, ya que el programa se basará en esencia en el análisis físico-químico de los suelos y de las otras condiciones ya tratadas. Por ello el programa aquí presentado es solo una guía que puede tenerse en cuenta especialmente para la Costa Norte colombiana.

Lo primero es la hoyada, la cual deberá ser tan espaciosa que se puedan colocar en el fondo dos o tres raquis enteros o desmenuzados, los cuales se deben cubrir con tierra buena, la cual tendrá mezclados unos 400 gramos de roca fosfórica o 200 gramos de DAP, y debe quedar suficiente espacio para colocar la palmita. La palma se siembra y se debe iniciar el programa de fertilización desde el primer mes de llevada al campo.

En palma se ha considerado que los meses comprendidos entre el 10 y el 36 son los realmente críticos, ya que aquí se está definiendo el futuro de la plantación. Cuando se va a pasar a plantación orgánica esta fertilización de los tres primeros años es más rígida, ya lo veremos en manejo orgánico de la plantación.

Tercera etapa, conocida como palma joven y se refiere a la plantación entre 4 a 8 años de instalada en el campo, aunque existen plantaciones que con edad de 8 años parecen adultas o viejas por el crecimiento e imposibilidad de la manejar la cosecha.

Por lo general esta edad es la de máxima producción de fruta fresca, dependiendo de las condiciones que se hayan manejado en el vivero y palma muy joven. Es importante comprender que en esta etapa el número de hojas promedio en la Costa Norte colombiana se de 2,5 a 2,3 por mes y que su longitud no se ha detenido aún, ya que sigue creciendo. Por otra parte, en

esta edad el sistema radicular ya ha sobrepasado la gotera y por ello teniendo en cuenta el número de hojas y el sistema radicular, se debe planificar la fertilización. En esta edad el programa de fertilización deberá ser fuerte y sostenido, ya que necesitamos que la palma desarrolle todo su potencial genético de producción. A continuación damos un programa de fertilización, basados en las características químicas de los suelos de esta región.

TABLA N° 36

FERTILIZACIÓN INICIAL EN EL CAMPO

Edad de campo meses	12-12-17-2	Gramos / palma				
		N	S.F	KCl	B	Mg
1	150	23	-	-	-	-
3	150	23	-	-	-	-
6	250	46	-	-	-	-
9	250	69	-	-	30	-
12	300	69	-	-	30	-
Total consumo al año	1.100	230	-	-	60	-

15	350	69	-	-	-	20
18	350	69	-	-	50	-
21	400	92	-	-	-	20
24	600	92	-	-	50	-
Total consumo al año 2	1.700	322	-	-	100	40

27	700	138	120	400	-	20
31	700	138	-	500	80	30
36	1.000	138	200	500	-	-
Total consumo al año 3	2.400	414	320	1.400	-	-

TABLA N° 37

PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN COSTA NORTE COLOMBIANA

Edad en el campo en años	Gramos/ palma/ semestre				
	N	P2O5	K2O	MgO	Bórax (45%)
4	368	-	600	54	80
El Boro puede ser aplicado en un solo semestre dependiendo del análisis de suelo y foliar					
5	460	900	-	63	80
5	368	900	-	63	-
6	552	900	-	63	100
6	460	900	-	63	-
7 a 8	690	1.200	-	63	100
7 a 8	460	900	-	63	-

Este programa varía dependiendo del tipo de suelo, el análisis de suelo y del análisis foliar realizado cada año. Si los suelos son muy livianos a livianos, la fertilización se debe fraccionar por lo menos en tres etapas por año.

Cuarta etapa: Lo normal, es que la plantación de palma de aceite genere su máxima producción entre los años 4 al 8 y al entrar en el 9 la producción de hojas se hace constante, aunque la producción de fruta tiende a estabilizarse el número de racimos baja, lo que se incrementa es el peso y tamaño del mismo. Esto realmente en la Costa Norte colombiana también se aprecia, pero el ciclo de aumento de producción puede llegar hasta los 12 años, allí se estabiliza y las oscilaciones son muy pequeñas, pero al mejorar las condiciones físicas del suelo con subsolada, la producción se puede disparar nuevamente y aún más si la subsolada se acompaña con una buena aplicación de raquis. Estas subsoladas deben realizarse calle intermedia y cada cuatro años repetirla. Aunque después de los 8 a 12 años la respuesta de la plantación a los fertilizantes es más lenta, ello depende del estado de riegos o humedad de los suelos. Realmente la eficiencia del riego en palma de aceite, es posiblemente, más importante que la misma fertilización, pero si se conjugan las dos variables, los resultados serán muy importantes y se reflejan en una muy buena producción.

Una fertilización en cualquier edad de la plantación debe estar basada en los resultados e interpretación de los análisis de suelo y foliares, es recomendado realizar análisis de suelos cada dos años y foliares cada año como mínimo. Por ello, el plan de fertilización que aquí damos para palma adulta, no se debe tomar como una camisa de fuerza, ya que debe tener variaciones o modificaciones aún entre los lotes de la misma plantación.

TABLA N° 38

PLAN GENERAL DE FERTILIZACIÓN PARA PALMA ADULTA. DOSIS POR PALMA
SEMESTRE

Nitrógeno Kg/palma	Fósforo Kg/palma	Potasio Kg/palma	Magnesio Kg/palma	Boro lón g/palma
0.460	1.380-0.00	0.455-0.60	3.60-0.00	0.180-14.5
Relación más adecuada				
1	0.3	3	0.4	

Esto sin tener en cuenta las pérdidas por diferentes factores, es decir la eficiencia del fertilizante aplicado.

Una preocupación muy importante, tenida en cuenta por los técnicos de campo, es la eficiencia de los fertilizantes, caso ya analizado, pero que para aumentarla se pueden tener en cuenta los siguientes puntos, manejables en cada plantación:

- a. La edad correcta de la palma. Dependiendo de la edad deberá existir un equilibrio entre los elementos nutrientes aplicados.
- b. Ubicación del fertilizante al momento de fertilizar a la plantación. El plato sólo es apropiado para fertilizar en un ciclo de la plantación. La palma adulta será fertilizada fuera del plato y al borde del mismo.
- c. El uso de fuentes comerciales de los nutrientes apropiadas. No todas las fuentes de un nutriente son apropiadas para todos los suelos. En una misma plantación es posible que se usen diferentes fuentes para el mismo nutriente y para diferentes lotes.
- d. Conocer muy bien el mapa de suelos de la plantación. Si el mapa de suelos es bien conocido se podrá entender cualquier problema que se genere en la plantación a nivel de suelo.
- e. Conocer muy bien cuál es la mineralización de por lo menos N-P-K-Ca y Mg a nivel de suelo. Si esto se conoce se puede manejar en forma eficiente lo que el suelo aporta.
- f. Estar atento al aspecto fisiológico de las palmas, ya que pueden en un momento determinado presentar síntomas de deficiencia de micronutrientes, lo cual es un campanazo de alerta para el manejo de la nutrición.
- h. Aplicar el fertilizante siempre con el suelo húmedo. Con esto se minimiza la pérdida del nutriente.
- i. Conocer el papel de la leguminosa usada como cobertura en la fijación de Nitrógeno.
- j. Realizar trabajos de investigación sobre nutrición dentro de cada plantación. Con esto se obtendrán datos importantes para el manejo de los programas de fertilización.

- k. Hacer un muy buen uso del agua de riegos, sin dejar que la plantación llegue a coeficiente de marchitez.
- j. La fertilización hace parte de un manejo agronómico del cultivo y por ello es necesario considerar que si algo anda mal, todo el paquete tiende a andar mal.

EL MANEJO DE LOS FERTILIZANTES EN EL CAMPO

La eficiencia, la reducción de pérdidas y la economía de los fertilizantes, se basa en el manejo que el producto tenga a nivel de campo en cualquier plantación.

MANEJO DE LOS FERTILIZANTES EN BODEGA

Las bodegas deben estar acondicionadas para mantener una temperatura media adecuada para guardar por algún tiempo los fertilizantes, de tal manera que la volatilización sea la mínima y de la misma manera la compactación. Todo saco de fertilizante deberá reposar o apilarse sobre un piso de madera que se encuentre por lo menos a 10 cm de altura con respecto al piso de cemento o suelo. Esto es importante para que el fertilizante arrumado tenga una corriente de aire por debajo y no lo deje acumular excesiva humedad.

La ventilación en general deberá ser óptima, lo que garantiza la no acumulación de vapores, que pueden llegar a ser tóxicos a los obreros. Es importante arrumar los fertilizantes según su fórmula y no revolver unos con otros, esto por efectos de manejo y por efectos de mezclas al romperse los sacos o empaques.

MANEJO DE LA DOSIS A APLICAR

Aunque los cálculos de las dosis hayan sido muy bien conseguidos, con base en los análisis de suelo y foliares, se puede perder todo al momento de aplicar la dosis por palma en el campo. El fertilizante deberá estar con una granulación tal que permita su manejo a nivel de campo, nunca formando pelotas, terrones o amasado por exceso de humedad. Todo fertilizador deberá tener una medida plástica según la dosis a aplicar por lote, ya que todos los lotes posiblemente no tengan las mismas exigencias.

LAS MEZCLAS DE FERTILIZANTES

Por lo general, la fertilización en palma se realiza en forma de mezclas según los requerimientos. Algunas veces estas mezclas se realizan en la propia finca o se mandan a preparar en la casa comercial proveedora. De todas maneras es necesario que se tenga una buena información sobre los fertilizantes que pueden ser mezclados y cuáles no, y hasta cuánto puede durar en buenas condiciones una mezcla. Por ejemplo: el Nitrato de Calcio con el Cloruro de Potasio o con la Úrea nunca se deben mezclar, por varias razones. El Nitrato de Potasio con la Úrea, no se deben mezclar.

GRÁFICA N°9

CUADRO DE COMPATIBILIDAD DE LOS FERTILIZANTES

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	x	x	x		o				x	x	x	x	x	x	o	o	o	o
2	x	x			o	o			x	x		x	x	x	o	o	o	o
3	x		x		o	o			x	x				x	o	o	o	o
4				x	o	o	o	x	o	x	x	x	x	o	o	x	o	o
5	o	o	o	o	x	x	x	x	x	x	x	o	o	o	o		x	o
6		o	o	o	x	x		o	o	x	o				x	o		
7				o	x		x	x	x	x	x	x	x	x				
8				x	x	o	x	x	x	x	o	x	x	x	x			x
9	x	x	x	o	x	o	x	x	x	x	x	x	x	x		o		
10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
11				x	x	o	x	o	x	x	x	x	x		x			x
12	x	x		x	o		x	x	x	x	x	x	x	x	o	o	o	x
13	x	x		x	o		x	x	x	x	x	x	x	x	o	o	o	x
14	x	x	x	o	o		x	x	x	x	x	x	x	x	o	o	o	o
15	o	o	o	o	o	x		x			x		o	o	x			
16	o	o	o	x		o			o			o	o	o		x		
17	o	o	o	o	x							o	o	o			x	x
18	o	o	o	o	o			x			x	x	x	o			x	x

Los números representan a los fertilizantes usados.

LA APLICACIÓN DE LOS FERTILIZANTES A LA PLANTA

Una de las prácticas más discutidas en la fertilización de palma de aceite es la zona de aplicación y la forma de aplicar los fertilizantes. Cuando los fertilizantes se aplican en pilas o en trozos o en fajas muy angostas, esto trae como consecuencia que el fertilizante no se encuentre con el mayor

TABLA N° 39

RELACIÓN NÚMERO FERTILIZANTE

- | | |
|-------------------------------------|---|
| 1. | Roca Fósforica |
| 2. | Superfosfato |
| 3. | Anmophos |
| 4. | Cal-Nitro |
| 5. | Harina de huesos |
| 6. | Úrea |
| 7. | Sulfato de Magnesio |
| 8. | Nitrato de Sodio |
| 9. | Cloruro de Potasio |
| 10. | Sulfato de Potasio |
| 11. | Nitrato de Potasio |
| 12. | Nitrato de Amonio |
| 13. | Sulfato de Amonio |
| 14. | Cloruro de Amonio |
| 15. | Fosfato di-tri de Amonio |
| 16. | Nitrato de Calcio |
| 17. | Cianamida Cálrica |
| 18. | Cal agrícola |
| <input checked="" type="checkbox"/> | = Fertilizantes compatibles |
| <input type="checkbox"/> | = Fertilizantes incompatibles
por varias razones |
| <input type="checkbox"/> | = Fertilizantes compatibles si se usan
de inmediato. No se deben guardar |

contacto en el suelo y por esto se pierde por volatilización o arrastre con gran facilidad y por otra parte puede tener un efecto negativo a nivel radicular, toxicidad, por la misma concentración. De tal manera que una mala aplicación de los fertilizantes puede convertir a la fertilización en una práctica negativa en vez de ser positiva.

Es bien conocido que la materia orgánica es una gran retenedora de nutrientes a nivel de suelo, por ello lo lógico sería aplicar el fertilizante en aquellas zonas en donde la materia orgánica sea mayor o se encuentre pre-

sente y no en donde este material ya no existe o es muy escaso, plateo. Por otra parte, es bien conocido que ningún nutriente trabaja separadamente sino en un verdadero balance y que al romperse éste, la planta se ve impedida para asimilarlos. Por ello la aplicación de fertilizantes desbalanceados genera interacciones entre los nutrientes, siendo las más importantes la Nitrógeno-Fósforo, Nitrógeno-Potasio, Potasio-Magnesio y Potasio-Boro. Por ello la aplicación de solo un fertilizante o de varios incorrectamente calculados pueden deprimir la producción de fruta en palma de aceite.

En todo el proceso de juventud de la palma, el fertilizante nitrogenado deberá ser colocado en el plato, distribuido en forma homogénea de tal manera que todo el sistema radicular tenga la oportunidad de asimilarlo. En palma adulta y vieja la aplicación del fertilizante nitrogenado se debe hacer fuera del plato en una banda completa de unos 0.50 metros de ancho o entre-líneas en este caso el problema puede ser la competencia con la cobertura.

El fertilizante nitrógenado siempre debe aplicarse con el suelo húmedo y nunca en seco, debido a las pérdidas de elemento.

Las aplicaciones de fertilizantes fosfatados deben realizarse en palma joven en todo el plato y abarcando una franja fuera de él de unos 50 centímetros de ancho, distribuyéndolo en forma homogénea, de tal forma que todas las raíces lo puedan tomar. En palma adulta y vieja, el Fósforo se debe aplicar fuera del plato o en las entre-líneas.

Los fertilizantes fosfatados no tienen problema si se aplican con el suelo seco, pero su asimilación sólo se dará si el suelo tiene un buen grado de humedad, esto es debido a que el suelo se pierde por escorrentía y no por volatilización.

En el caso de la aplicación de los fertilizantes potásicos, en palma joven se debe distribuir en el plato en forma uniforme de tal manera que todo el sistema radicular lo pueda asimilar. En palma adulta y vieja el fertilizante potásico se debe aplicar en el borde del plato en una banda de unos 50 centímetros de ancho, o en entre-líneas o también al voleo, pero evitando que caiga en el plato, aunque puede caer en la palera.

El fertilizante potásico no tiene problema de aplicarse en suelos secos, ya que no se pierde por volatilización, pero requiere de la humedad para ser asimilado.

El fertilizante magnésico como el Sulfato de Magnesio, en palma joven debe aplicarse en el plato en forma homogénea, pero si es Carbonato de Magnesio, lo mejor es aplicarlo fuera del plato en una faja de unos 50 centímetros de ancho en toda la vuelta. En palma adulta y vieja la mejor forma de aplicar el fertilizante magnésico es en entre-líneas y aún al voleo pero sin que entre al plato. Este fertilizante se puede aplicar en cualquier época, seca o lluviosa, ya que no se pierde por volatilización.

El Boro. Este fertilizante se debe usar vía foliar o suelo en viveros. En palma joven la mejor ubicación es el plato y muy cerca del tallo, pero cuando el área del plato comienza a compactarse la aplicación deberá realizarse al borde del mismo plato en una faja a todo alrededor, de la misma manera debe procederse en palma adulta, ya que si se aplica en el plato, zona de escasa humedad el Boro se inmoviliza y no lo toma la planta generándose las manifestaciones de deficiencia aunque se aplique. Las aplicaciones a nivel de axilas genera buenos resultados, aunque en la gran mayoría de las veces se cristaliza y puede inducir una toxicidad por su distribución irregular. Otra manera de aplicación podría ser vía radicular directa, aplicándolo con un vehículo como la Úrea, con esto se aumenta la eficiencia, pero también se aumentan los gastos por aplicación.

En el caso de aplicaciones de fertilizantes compuestos o mezclas de fertilizantes, ya sea que se hagan en la misma plantación o se pidan al distribuidor, se deben aplicar en palma joven en el plato haciendo una distribución bien homogénea de tal manera que las raíces puedan asimilarlo. En palma adulta o vieja, la mejor forma de aplicarlo es entre-calles o al borde del plateo en la parte externa en una banda de unos 50 centímetros de ancho muy bien repartido. En el caso de que haya practicado subsolada, la cual deberá tener un ancho mínimo de un metro, la fertilización se debe dirigir en gran parte hacia esta zona sobre la banda subsolada. En todo caso al usar fertilizantes compuestos o mezclas, nunca se debe aplicar con el suelo seco, ya que al tener Nitrógeno, éste se puede perder por volatilización.

PARTE 8

EL ÍNDICE DE BALANCE

El *Índice de Balance* es un proceso estadístico en el cual se compara gráficamente el comportamiento de los nutrientes con respecto a un patrón (nivel crítico) y con lo cual podemos apreciar, concluir o interpretar el por qué algunos nutrientes a nivel foliar o a nivel de suelo, aunque se estén aplicando o se encuentren en ciertas cantidades o el por qué la planta no es capaz de asimilarlos en su totalidad. Para realizar una prueba de Índice de Balance es necesario tener una información muy real de cada lote en lo referente, especialmente, al análisis foliar, análisis de suelo y producción, aunque se puede aplicar con otras variables.

El Índice de Balance tiene la información precisa para poder tomar la determinación de balancear la nutrición o fertilización que se debe aplicar a cada lote, siempre y cuando el resto de variables que entran en juego en la producción se encuentren bien ajustadas.

El Índice de Balance utiliza una gráfica, ejes cartesianos, en la cual existe una línea horizontal, paralela al eje de x, que indica el valor cien por ciento y que corresponde a los *niveles críticos* en estudio, por ello los valores de las variables están por encima o por debajo de ella, ya que pueden ser mayores al cien por ciento o menores, en el caso de exceso o deficiencia.

Veamos un ejemplo que nos dará suficiente claridad al respecto y nos indicará el manejo matemático del proceso. El ejercicio se realizará para análisis foliar y de suelo, para luego discutir los resultados y tomar una determinación. Para ello se hará uso de la desviación estandar (S) y del coeficiente de variación (C.V) y con base en ello se determina el Índice de Balance. Se debe trabajar con toda la población conocida y de ella determinar:

- La suma total de los resultados, para cada nutriente, tanto en suelo como foliar.

- Se determina la media de cada nutriente
- Se eleva al cuadrado el valor de cada análisis para cada nutriente, tanto en suelo como foliar.
- Se realiza la sumatoria de los cuadrados en cada caso
- Se eleva al cuadrado la sumatoria de cada nutriente o variable.
- Se determina la desviación estándar
- Se determina el coeficiente de variación
- Se determina el Índice de Balance

Las fórmulas a usar son las siguientes:

$$S = [\{ \sum(x^2) - [(\sum x)^2 / n] \} / (n - 1)]^{1/2} \quad (1)$$

x = Cada valor de análisis por muestra

n = Total análisis realizados

S = Desviación estándar

$$C.V = [S / x^*] 100 \quad (2)$$

S = Desviación estándar

x* = Media matemática

C.V = Coeficiente de variación

Índice de Balance

$$I.B = [100 (x) - C.V(x - NC)] / NC \quad (3)$$

x = Cada valor del análisis

CV = Coeficiente de variación

NC = Nivel crítico para cada nutriente

Se aplicará esta fórmula si el contenido foliar del elemento dado es mayor que el NC. Si la situación es contraria o sea que el contenido del nutriente es menor que el NC se aplicará la siguiente fórmula:

$$I.B = [100(x) + (NC - x)] / NC \quad (4)$$

El resultado se da en porcentaje (%).

Estas fórmulas se aplicarán con los datos problemas y al final se pueden obtener las gráficas comparativas para la interpretación respectiva.

Veamos un ejemplo que dará claridad al respecto y nos indicará el manejo matemático del proceso. Analizaremos con base en el análisis de suelos y análisis foliar. En las tablas y se aprecian los resultados de los análisis de 10 lotes bajo palma de aceite adulta.

TABLA N° 39
ANÁLISIS DE SUELOS PARA LOS 10 LOTES EN ESTUDIO

Análisis de suelos						
Lotes	A n á l i s i s					
No	N asim%	K me/100g	P.p.p.m	Ca me/100g	Mg me/100g	B p.p.m
1	0.0028	0.31	17.0	4.20	1.33	0.40
2	0.0031	0.35	20.0	3.90	1.58	0.35
3	0.0028	0.30	20.0	4.50	1.90	0.50
4	0.0010	0.30	20.0	4.10	1.88	0.45
5	0.0038	0.33	27.0	3.70	1.70	0.45
6	0.0010	0.28	30.0	3.50	1.85	0.47
7	0.0026	0.31	18.0	4.20	2.10	0.42
8	0.0021	0.38	21.0	4.20	2.00	0.39
9	0.0038	0.40	25.0	4.60	2.00	0.41
10	0.0042	0.38	22.0	4.60	2.15	0.40

TABLA N° 40
ANÁLISIS FOLIARES PARA LOS 10 LOTES EN ESTUDIO

Lotes	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	B	Cu	Fe	Mn
1	2.35	0.17	0.88	0.66	0.24	0.17	17.0	13.2	6.50	70.7	190.5
2	2.38	0.17	0.91	0.66	0.25	0.17	20.1	12.7	7.10	68.1	200.5
3	2.31	0.23	0.90	0.70	0.25	0.21	20.7	12.2	7.70	73.1	188.5
4	2.44	0.21	0.93	0.69	0.23	0.18	19.4	11.1	8.90	69.1	195.0
5	2.27	0.19	0.93	0.65	0.23	0.17	19.0	14.2	6.65	66.5	193.5
6	2.43	0.18	0.97	0.65	0.24	0.19	18.8	14.6	9.10	69.5	210.5
7	2.39	0.19	0.90	0.71	0.27	0.19	21.1	13.1	10.0	69.1	194.5
8	2.40	0.22	0.95	0.69	0.29	0.22	20.6	13.9	8.80	66.7	230.1
9	2.51	0.19	0.93	0.67	0.24	0.20	19.9	14.1	8.10	77.1	240.5
10	2.49	0.18	0.91	0.72	0.23	0.17	18.7	12.9	7.90	68.9	198.5

Para efectos de un mejor trabajo los valores de Nitrógeno del suelo se transformarán a Kg de N asimilable por hectárea, quedando entonces la tabla de la siguiente manera:

TABLA N° 41
KG/HA DE NUTRIENTES EN LOS LOTES ESTUDIADOS

Nutriente	Valores reportados/lote									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N Kg/ha	62.2	68.86	2.22	2.28	4.42	2.25	7.74	6.68	4.49	2.2
K me/100	0.31	0.35	0.30	0.30	0.33	0.28	0.31	0.38	0.40	0.38
P p.p.m	17	20	20	20	27	30	18	21	25	22
Ca me/100	4.20	3.90	4.50	4.10	3.70	3.50	4.20	4.20	4.60	4.60
Mg me/100	1.33	1.58	1.90	1.88	1.70	1.85	2.10	2.00	2.00	2.15
B p.p.m	0.40	0.35	0.50	0.45	0.45	0.47	0.42	0.39	0.41	0.40

CÁLCULOS PARA SUELOS

TABLA N° 42
EL CÁLCULO DE SUMATORIAS

1. Cálculo de las sumatorias, tendremos

Elementos	N	K	P	Ca	Mg	B
Sumas de X	602.9	3.34	220	41.5	18.49	4.24

2. Cálculo de la media \bar{X}

TABLA N° 43
DETERMINACIÓN DE LA MEDIA

Elementos	N	K	P	Ca	Mg	B
Media \bar{X}	60.29	0.334	22.0	4.15	1.85	0.424

3. Cálculo de X^2 ; sumatoria de X^2 y sumatoria de x elevadas al cuadrado.

TABLA N° 44
ELEVACIÓN DE X AL CUADRADO

Elementos	Lotes									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	3.868,8									8.500,8
K	0,0961									0,1444
P	289,0									484,0
Ca	17,64									21,16
Mg	1,77									4,62
B	0,16									0,16

Cálculo de sumatoria de x al cuadrado

$$\Sigma (x^2) = 3.868,8 + \dots + 8.500,8 = 41.696,06 \text{ (para N)}$$

	N	K	P	Ca	Mg	B
$\Sigma (x^2) =$	41.696,06	1,13	4.992,0	173,45	34,75	1,82

Cálculo de la sumatoria x elevada al cuadrado

$$\Sigma (x^2) = \text{Para N} = (602,9)^2 = 363.488,41$$

	N	K	P	Ca	Mg	B
$\Sigma (x^2) =$	363.488,41	11,16	48.400	1.722,25	341,88	17,98

4. Cálculo de la desviación estándar (S) para cada nutriente

Aplicando la fórmula para N por ejemplo:

$$S = \{((41.696,06 - [363.488,41]/10) / (10-1))^{1/2}$$

$$S = 24,37$$

De donde:

	N	K	P	Ca	Mg	B
S =	24,37	0,0394	4,109	0,368	0,249	0,049

5. Determinación del coeficiente de variación (C.V)

Aplicando la fórmula para N por ejemplo:

$$C.V = [24,37 / 60,29] 100 = 40,42$$

De donde:

	N	K	P	Ca	Mg	B
C.V	40,42	11,79	18,67	8,86	13,45	11,55

6. Cálculo del Índice de Balance

Para el cálculo del Índice de Balance se usarán las fórmulas ya mencionadas y por ello se tendrá, para el lote 1:

Nitrógeno: Nivel crítico en el suelo (NC) = 111 Kg/ha. Como el NC es mayor que el contenido en el suelo aplicamos:

$$I.B = [100(62,20) + 40,42(111 - 62,20) / 111]$$

$$I.B = 73,80$$

Para Potasio. Se aplica la siguiente fórmula por ser el NC mayor que el Potasio en el suelo. El NC en el suelo es:

de 0,40 me/ 100 gr.

$$I.B = [100(0,31) - 11,79(0,40 - 0,31) / 0,40]$$

$$I.B = 80,15$$

Para Fósforo. Se aplica la siguiente fórmula por que el P del suelo es mayor que el P del N.C. El N.C para P es:

0,15 p.p.m.

$$I.B = [100(17) - 18,67(17 - 15) / 15]$$

$$I.B = 110,84$$

Para Calcio. Se aplica la siguiente fórmula por que el valor del Calcio en el suelo supera el valor del N.C. N.C para:

Ca = 3,50 me/100 gr.

$$I.B = [100(4,20) - 8,86(4,20 - 3,50) / 3,50]$$

$$I.B = 118,23$$

Para Magnesio. Se aplica la siguiente fórmula porque el valor

Mg en el suelo es menor que el N.C del elemento.

N.C para Mg = 1,90 me/ 100 gr.

$$I.B = [100(1,33) + 13,45(1,33 - 1,90) / 1,90]$$

$$I.B = 74.04,$$

Para Boro. Se aplica la siguiente fórmula ya que el valor de Boro en el suelo es menor que el NC del elemento. NC de Boro es de 0.7 p.p.m.

$$I.B = [100(0,4) + 11,55(0,7 - 0,4) / 0,7]$$

$$I.B = 62,09$$

Por consiguiente el cuadro de I.B general para los 10 lotes es el siguiente:

TABLA N° 45

Lotes No	N u t r i e n t e s					
	N	K	P	Ca	Mg	B
Valores del Índice de Balance						
1	73.78	80.15	110.84	118.22	74.04	62.09
2	77.36	88.97	129.59	110.41	85.425	5.77
3	73.78	77.94	129.59	126.04	100.00	74.72
4	52.33	77.94	129.59	115.62	99.08	68.41
5	85.71	84.56	165.06	105.20	90.89	68.41
6	52.33	73.53	181.33	100.00	97.72	70.92
7	71.40	80.15	118.75	118.84	109.11	64.62
8	61.43	95.58	132.53	118.84	104.55	60.82
9	85.70	100.00	154.22	128.64	104.55	63.35
10	89.93	95.58	145.88	128.64	111.38	62.09

Los niveles críticos (NC) para estos elementos en el suelos son:

N= 111 Kg/ha, K =0.4, P = 15, Ca = 3,5 Mg = 1,9 , B = 0.7.

Por el momento dejemos los análisis de suelos, para luego realizar las gráficas y discutir su configuración.

Buscaremos ahora el Índice de Balance para los análisis foliares que reporta la plantación. En este caso presentaremos las tablas ya calculadas evitando repetir los procesos matemáticos ya vistos.

TABLA N° 46
ANÁLISIS FOLIARES DE LA PLANTACIÓN

Nutriente	L O T E S									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N %	2.35	2.38	2.31	2.44	2.27	2.43	2.39	2.40	2.51	2.49
P %	0.179	0.175	0.230	0.211	0.199	0.188	0.191	0.220	0.193	0.185
K %	0.88	0.91	0.90	0.93	0.93	0.97	0.90	0.95	0.93	0.91
Ca %	0.66	0.65	0.70	0.69	0.65	0.65	0.71	0.69	0.67	0.72
Mg %	0.24	0.25	0.25	0.23	0.23	0.24	0.27	0.29	0.24	0.23
S %	0.17	0.17	0.21	0.18	0.17	0.19	0.19	0.22	0.20	0.17
Zn	17.10	20.10	20.70	19.40	19.0	18.80	21.10	20.60	19.90	18.70
B	13.20	12.70	12.20	11.10	14.20	14.60	13.10	13.90	14.10	12.90
Cu	6.50	7.10	7.70	8.90	6.60	9.10	10.10	8.80	8.10	7.90
Fe	70.70	68.10	73.10	69.10	66.50	69.50	69.10	66.70	77.10	68.90
Mn	190.50	200.50	188.50	195.00	193.50	210.50	194.50	230.10	240.50	198.50

TABLA N° 47
CÁLCULO DE SUMATORIA DE Y MEDIA DE X

1. $\sum x$ y \bar{x}

	$\sum x$	\bar{x}
N %	= 23.97	2.397
P %	= 1.971	0.1971
K %	= 9.21	0.921
Ca %	= 6.79	0.679
Mg %	= 2.47	0.247
S %	= 1.87	0.187
Zn	= 195.40	19.54
B	= 132.00	13.20
Cu	= 80.80	8.08
Fe	= 698.80	69.88
Mn	= 2042.10	204.21

2. Cálculo de x^2 ; $\Sigma (x^2)$; $\Sigma (x^2)$

TABLA N° 48

Elemento	x^2	$\Sigma (x^2)$	$\Sigma (x^2)$
N %	Cuadro	57.507	574.56
P %		0.391	3.884
K %		8.489	84.824
Ca %		4.618	46.104
Mg %		0.616	6.100
S %		0.352	3.497
Zn ppm		3830.98	38181.16
B ppm		1752.42	17424.00
Cu ppm		665.00	6528.64
Fe ppm		48922.34	488321.44
Mn ppm		419819.01	4170172.41

Cálculo de desviación estándar (S) y coeficiente de variación (CV).

TABLA N° 49

CÁLCULO DE S Y CV

	Desviación estándar(S)	Coeficiente de variación (CV)
N	0.0753	3.1414
P	0.0170	8.6251
K	0.0270	2.9316
Ca	0.0291	4.2857
Mg	0.02581	0.4453
S	0.0160	8.5561
Zn	1.1955	6.1182
B	1.0551	7.9932
Cu	1.16121	4.3713
Fe	3.1657	4.5302
Mn	17.6439	8.6401

Con los datos de desviación estándar (S) y los de el coeficiente de variación (CV), podemos calcular el *Índice de Balance* de cada una de las variables para cada lote estudiado.

En el siguiente cuadro se dan los *Índices de Balance* para cada caso del análisis foliar.

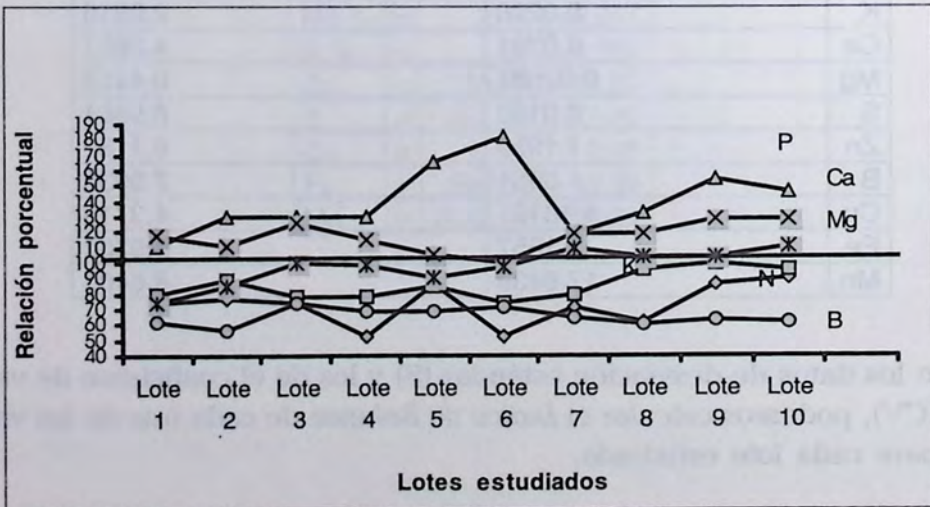
TABLA N° 50

ÍNDICE DE BALANCE PARA ANÁLISIS FOLIAR DE LOS 10 LOTES

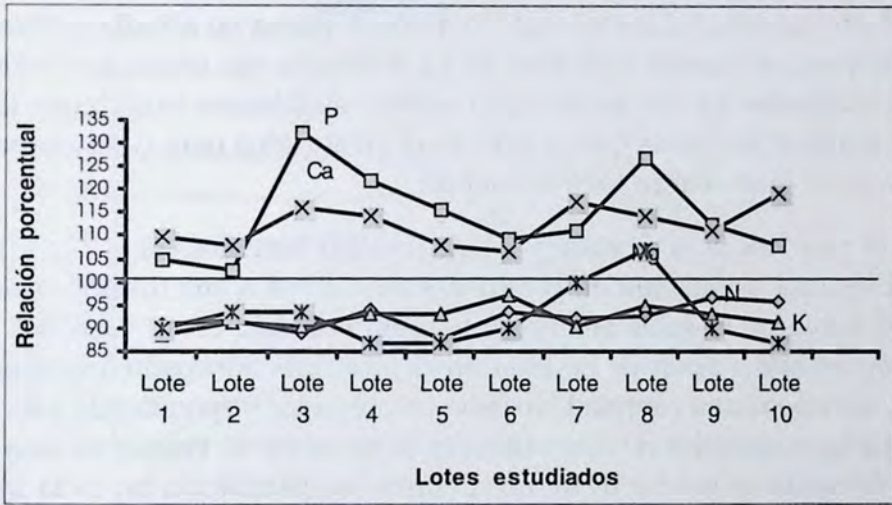
Nutriente	L O T E S									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	90.7	91.8	89.2	94.0	87.7	93.6	92.2	92.5	96.6	95.9
P	104.8	102.7	132.3	122.0	115.6	109.1	111.3	126.9	112.4	108.1
K	88.4	91.3	90.3	93.2	93.2	97.1	90.3	95.1	93.2	91.3
Ca	109.6	107.9	115.9	114.4	107.9	106.4	117.5	114.4	111.2	119.1
Mg	90.0	93.4	93.4	86.7	86.7	90.0	100.0	107.0	90.0	86.7
S	86.3	86.3	104.6	90.9	86.3	95.4	95.4	108.9	100.0	86.3
Zn	106.4	124.1	127.6	119.9	117.6	116.4	129.9	126.9	123.1	115.8
B	88.9	85.9	82.8	76.1	95.1	97.5	88.3	93.3	94.5	87.1
Cu	107.1	115.7	124.3	141.4	108.6	144.2	158.5	139.9	129.9	127.1
Fe	117.0	112.9	120.8	114.5	110.3	115.1	114.5	110.7	127.2	114.1
Mn	124.7	130.8	123.7	127.4	127.7	136.8	127.1	148.8	155.1	129.5

Los niveles críticos utilizados fueron: N= 2.60; P = 0.17; K = 1,0; Ca = 0.60 ; Mg = 0.27 ; S = 0.20; Zn = 15.0; B = 15.0 ; Cu = 6.0 ; Fe = 0.60; Mn = 150.

GRÁFICA N°9
ÍNDICE DE BALANCE FOLIAR



GRÁFICA N° 10
ÍNDICE DE BALANCE FOLIAR



INTERPRETACIÓN DE LAS GRÁFICAS

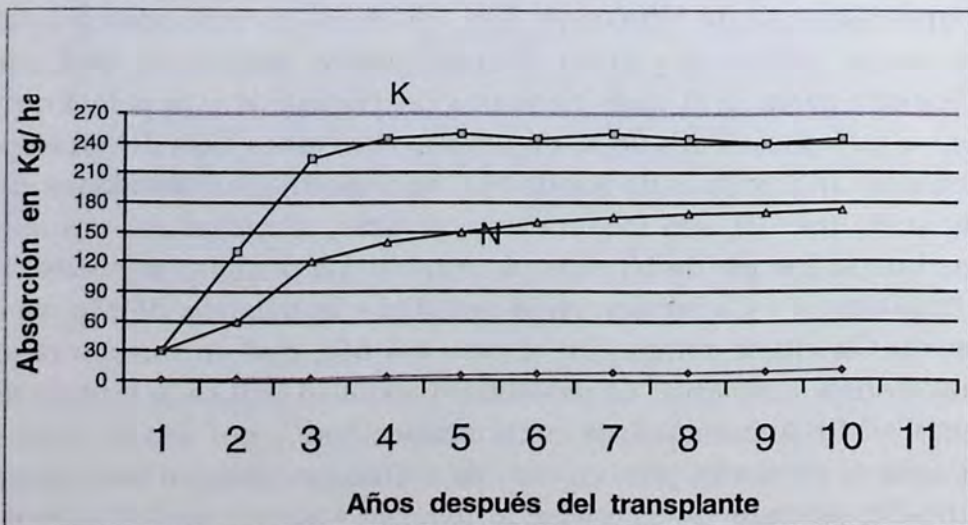
En la gráfica para suelos, observamos que existe un desbalance entre los nutrientes y por tanto la palma tiene dificultades para asimilarlos, gráfica de balance foliar. Lo importante sería que todos los nutrientes estuvieran alrededor de 100, lo que nos indicaría un balance aceptable. El lote que más se acerca a un buen balance sería el dos para N-P-K-Ca-Mg. Las cantidades moderadamente altas de P son importantes, ya que asegura una buena asimilación del N aplicado, en caso contrario la palma no asimilaría o no daría respuesta de Nitrógeno. Pero un exceso o contenidos muy altos de P (caso de los lotes 5 y 6) en el suelo, genera deficiencias de Cobre y Zinc. Por otra parte, si el suelo tiene una deficiencia de P, la palma no responderá a las aplicaciones de K, en nuestro caso todos lotes deben responder bien a las aplicaciones de K y de N. Con respecto a las cantidades de Ca en este suelo (lote 2), son moderadamente altas, técnicamente nos aseguran una buena fijación de N, evitando con ello las pérdidas normales. Pero altas cantidades de Ca inciden en la cantidad y asimilación de Mg, ya que la relación Ca/Mg se rompe. En el caso del Mg, que en nuestro caso es moderadamente aceptable, un desbalance negativo induce la ruptura de la relación Ca/Mg, aumentándose considerablemente y por ello no asimilando la palma el elemento, pero en caso de desbalance positivo o sea Magnesio muy alto, además de romperse la relación Ca/Mg, puede interferir la

asimilación de K. La relación Mg/K debería siempre estar por debajo de dos (2). Una relación muy importante para los suelos de la Costa Norte colombiana es la K/Na, la cual siempre a nivel de suelo debe estar por encima de uno (1,0), ya que en caso contrario la palma no asimila el Potasio. El Nitrógeno en nuestro caso (lote 2), es deficiente, sin embargo puede la palma responder ya que en el suelo existen suficientes cantidades de P. Tenga siempre pendiente que el 100% es el nivel crítico para cada nutriente y a partir de él se realiza todo el análisis.

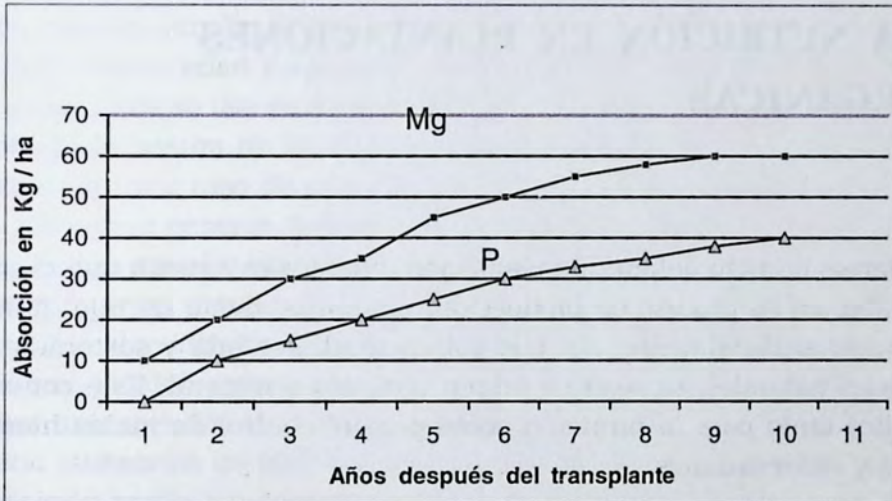
En el caso del índice balance foliar (lote 29) tenemos: para Ca y P la planta los está asimilando en cantidades superiores a sus niveles críticos, debido a que en el suelo se encuentran abundantes. En el caso del Mg observamos que a pesar de no estar en el nivel más adecuado, como en el lote 7, si está en una cantidad bastante balanceada, respondiendo precisamente a las cantidades de este nutriente en el suelo. El Potasio es bajo y a pesar de no distar mucho de su nivel crítico, su asimilación no es la ideal, ello es debido a que responde a las cantidades de K que existen en el suelo, sin embargo la planta está en capacidad de responder a este nutriente. El Nitrógeno (N) aunque se encuentra por debajo de su nivel crítico, podemos decir que presenta un balance moderado con respecto a los otros nutrientes y que es un reflejo de la situación del Nitrógeno existente en el suelo.

GRÁFICA N° 11

**ABSORCIÓN DE NUTRIENTES POR PALMA DE ACEITE EN KG/HA
DURANTE LOS PRIMEROS 10 AÑOS DE CAMPO, SEGÚN NG (1.977)**



GRÁFICA N° 12
ABSORCIÓN DE Mg Y P EN LOS 10 PRIMEROS AÑOS
DESPUÉS DEL TRANSPLANTE



Se puede apreciar que el problema fundamental es el exceso de P y de Ca en la gran mayoría de los lotes, cosa que es imposible bajar o sacar del suelo, por ello tenemos que dirigir nuestra fertilización a girar al entorno de este problema, por tanto lo más lógico es aumentar la fertilización con los nutrientes deficientes hasta llegar a alcanzar niveles en donde las relaciones entre ellos sean las más normales, en este caso es muy posible que no sigamos los niveles críticos del suelo y sobrepasemos sus límites en favor de buscar el equilibrio o balance adecuado. Esta situación conlleva a que se hagan aplicaciones a veces sorprendentes en cantidades de fertilizantes en algunos lotes.

En nuestro caso (análisis para el lote 2), observamos que es necesario aplicar de hecho N, Mg, K y B, calculando, relacionando y balanceando de la mejor manera posible.

PARTE 9

LA NUTRICIÓN EN PLANTACIONES ORGANICAS

Podemos primero definir que plantación orgánica es aquella que no puede recibir, en su proceso de producción, ningún producto de tipo químico producido artificialmente, por ello solo será alimentada y sostenida con productos naturales, ya sean de origen orgánico o mineral. Este concepto se aplica tanto para la nutrición como para el control de malas hierbas, plagas y enfermedades.

Por definición solo se podrá entonces nutrir la plantación con material orgánico, cualquiera sea su origen o característica, o algunos materiales de tipo natural geológicos que se encuentran en el mercado, como el caso de cales, magnesitas, etc.

MATERIALES ORGÁNICOS

Los materiales orgánicos considerados como tales son únicamente las plantas, la materia orgánica generada por animales y los estiércoles son considerados de segundo orden, ya que son parásitos de las primeras y los estiércoles residuos de los segundos. Por lo anterior en condiciones de calidad, la mejor materia orgánica será la que se genera a partir de las plantas usadas como y para tales fines.

Una masa de tejidos vegetales tiene en promedio la siguiente composición: agua un 75%, cenizas 2%, Hidrógeno 2%, Oxígeno 10% y Carbono un 11%. Pero esta composición es variable dependiendo de la planta y del suelo en donde se ha cultivado. De la misma manera los restos orgánicos de los animales y los estiércoles también varían, teniendo en cuenta el tipo de alimentación, los complementos alimenticios y el mismo manejo de los estiércoles. Por lo anterior podemos asegurar que los residuos orgánicos cual-

quiera que sean, son sumamente complejos y su composición química complicada; aún más si observamos que muchos productos orgánicos usados como abonos orgánicos, son obtenidos del material que los animales tienen en el estómago al momento de sacrificarlos, o de las pezuñas o de los cachos, plumas, etc. En el caso del estiércol de aves, su composición dependerá de la cama, edad y alimentación y en el caso de los lóbricompuestos, del material que se use en su alimentación. Cuando se usan materiales que componen la basura de la ciudad, el resultado será un abono complejo y diferente en cada caso de proceso. Por todo lo anterior, al llevarlos al suelo como abonos se generan una serie de procesos y reacciones simples y complejas de tipo químico que vienen a originar unos residuos, que serán iguales de complejos y que solo al final se pueden ya reconocer una serie de compuestos algo simples. Por ello se hace necesario conocer cuál es la resistencia que pueden oponer los residuos a la descomposición. Así se conoce que: los azúcares, los almidones, las proteínas sencillas y las proteínas propias son sustancias de fácil descomposición; las hemicelulosas son de descomposición media o moderada y la celulosa, la lignina, las grasas y las ceras son compuestos de muy lenta descomposición.

Pero todo este proceso de transformación y descomposición de la materia orgánica en sustancias orgánicas, tipo humus, en el suelo requiere de una serie de microorganismos que tienen funciones muy claras y a veces múltiples. Esquemáticamente la degradación de la materia orgánica se representado de la siguiente manera:

Al colocar la materia orgánica en el suelo, bajo ciertas circunstancias, como abono orgánico, lo primero que se dispara es la población de microorganismos, tanto en cantidad como en actividad y aún más si la materia orgánica usada presenta gran cantidad de carbón orgánico, fácilmente oxidable. Simultáneamente se genera una gran digestión y desaparecen los compuestos fácilmente descompuestos en el proceso, aquí se observará una gran pérdida de gas carbónico, energía y pérdida de algo de humus. Luego la pérdida de gas carbónico se reduce, lo mismo que la de la energía. Se reduce luego la actividad de tipo bioquímico y por tanto ya aparece el humus sintetizado y una gran actividad del proceso de nitrificación (lo que equivale a NO_3). De todo lo anterior visto hasta ahora, es importante concluir que de hecho existe una muy estrecha relación entre la formación del humus y los microorganismos del suelo. Pero la actividad de los microorganismos del suelo, lo mismo que su reproducción y actividad sobre los

residuos orgánicos, dependerá de ciertas condiciones hidrotérmicas que se den en dicho suelo.

Se conoce que la mayor intensidad en la descomposición de la materia orgánica en el suelo se da a temperatura cerca de 30° C y cuando se encuentra por debajo o por encima el proceso tiende a paralizarse, de la misma manera, la humedad del suelo juega un papel importante en la descomposición de los residuos y en el trabajo de los microorganismos, así se conoce que la humedad más apropiada se encuentra entre el 60 y el 80% de la capacidad hídrica total del suelo en referencia. Además del agua y la temperatura, el proceso requiere de ciertas condiciones de aireación, y se ha encontrado que condiciones anaerobias (deficiencia de Oxígeno) no contribuyen a la formación del humus, sino más bien tienden a conservar a la materia orgánica en el suelo, es por ello que si incorporamos materia orgánica al suelo se deben tener buenas condiciones de aireación, es decir, buena circulación del aire. Una parte importante a tener en cuenta al aplicar los materiales orgánicos a los suelos, es su contenido de Calcio, ya se ha demostrado la acción positiva del Calcio sobre la descomposición de los restos vegetales aplicados, lo que está relacionado con el aumento del pH del suelo y la conservación de toda sustancia húmica, debido a la formación de humato calcico. Otro elemento que tiene alguna influencia en el proceso de descomposición y transformación de los residuos orgánicos aplicados a los suelos como abonos orgánicos, es el Sodio pero en cantidades pequeñas, ya que es un elemento que hace más solubles los materiales orgánicos y por ello más fácilmente atacables por los microorganismos del suelo, pero grandes cantidades de Sodio como en el caso de los suelos sódicos y salino-sódicos, la cantidad y actividad de estos microorganismos se reduce a casi cero. Lo anterior es debido a que el Sodio es deshidratante.

El efecto de la reacción o pH del suelo usado o tratado, es otra variable de vital importancia y no se debe a la influencia que ella tenga sobre la población de microorganismos del suelo, sino más que todo al proceso de hidrólisis de todas las sustancias orgánicas que se generan en el proceso de descomposición de la materia orgánica.

Dentro de las propiedades físicas del suelo, que influyen en la descomposición de los residuos orgánicos, más importantes se tienen: la compactación, el porcentaje de arcillas, la aireación, la estructura y la infiltración.

ELEMENTOS SIMPLES GENERADOS POR LA DESCOMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LOS SUELOS

A medida que se generan los cambios en la masa orgánica aplicada al suelo, como abono orgánico, se suceden cambios y el proceso se hace cada vez más fuerte, los microorganismos comienzan a morir por falta de materia orgánica y se inicia la aparición de los compuestos simples, que en su orden son:

Carbón: CO_2 , $\text{CO}_3 =$, CO_3H^- , CH_4 , C.

Nitrógeno: NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , N gaseoso.

Azufre: SH_2 , $\text{SO}_3 =$, $\text{SO}_4 =$, S_2C , S elemental.

Fósforo: PO_4H_2^- , $\text{PO}_4\text{H} =$.

Otros elementos: H_2O , O_2 , H_2 , H +, OH -, K +, Ca ++, Mg ++, etc.

CÓMO INFLUYE LA MATERIA ORGÁNICA SOBRE LAS PALMAS

En términos generales podemos decir que la materia orgánica favorece a las plantaciones en dos aspectos fundamentales de la producción: el primero, generando una cierta cantidad de nutrientes de tipo natural u orgánico, que la planta asimilará con gran facilidad, aunque no llene sus exigencias para altas producciones y segundo, mejorando las condiciones físicas del suelo en donde se aplica el material orgánico, especialmente en lo referente a retención de humedad, mejorando la aireación, mejorando la penetrabilidad del sistema radicular, mejorando la infiltración del agua, haciendo que la palma explore más terreno con su sistema radicular, aumentando la cantidad y trabajo de los microorganismos del suelo, entre otros. Todo lo anterior se verá reflejado en producción, pero más que todo en calidad, más que en cantidad, ya que las plantaciones orgánicas sacrifican la cantidad por calidad.

CARACTERÍSTICAS DEL ABONO ORGÁNICO

Cuando una masa de materia orgánica pasa a abono orgánico, deberá conservar o presentar unas características muy propias, que son el reflejo de la materia orgánica o de los componentes orgánicos usados en su com-

posición. Una de estas características es la relación C/N, que en los suelos es más o menos constante. En los materiales vegetales la relación C/N es variable y va de 20 a 30/1 para leguminosas y la gran mayoría de los estiércoles y puede ser de 90/1 y valores superiores en ciertos residuos de paja y entre estos valores se encuentran todos los vegetales existentes. En los microorganismos del suelo esta relación C/N tampoco es constante, pero sí bastante menor que en los vegetales y encontramos que oscila entre 4/1 hasta 9/1. Pero para nosotros lo importante es el significado de esta relación C/N, desde el punto de vista del manejo de las plantaciones orgánicas. Existen por lo menos dos razones claras que convierten a esta relación C/N en importante: la primera es que solo existe competencia por el Nitrógeno asimilable, cuando la relación C/N en la materia orgánica es alta y es añadida al suelo como abono orgánico; la segunda es que debido a la constancia de la relación C/N a nivel de suelo, el mantener el Carbono y por ello la materia orgánica depende en gran parte del nivel de Nitrógeno en el mismo suelo. Esto parece a primera vista de poca importancia, pero si observamos sobre la base de un ejemplo de campo, podemos llegar a mejores conclusiones. Supongamos que el cultivo que se encuentra instalado requiere de bastante Nitrógeno, digamos unos 250 Kg de N/ha, que se encuentran presentes y en buena cantidad los Nitratos, y que la relación C/N es estrecha o pequeña. Los microorganismos que descomponen materia orgánica trabajan muy poco y su población es reducida, por ello la formación de CO_2 es muy reducida. Esta es una situación típica de un cultivo fertilizado químicamente, en donde los microorganismos no tienen que entrar a descomponer materia orgánica. Pero si se aplica un gran volumen de materia orgánica compuesta de residuos que tienen una relación C/N alta, digamos 40 a 45 : 1: si se dan las condiciones de humedad para que el material entre en descomposición rápida. Tenemos que esperar que se genere de hecho un cambio rápido en el suelo y lo primero que observamos es que la población de bacterias, hongos y actinomicetos se activa e inicia un rápido proceso de reproducción, por ello se generará un gran volumen de CO_2 . Cuando se dan estas condiciones, el Nitrógeno que existía en forma de Nitrato es eliminado del suelo, ya la población de microorganismos lo ha utilizado como alimento, es decir ese Nitrógeno se fija y aún hasta el amoniacal se pierde, por ello no quedará Nitrógeno asimilable para el cultivo y se genera una deficiencia del elemento. Al avanzar la descomposición de los residuos incorporados o material orgánico la relación C/N decrece, ya que el Carbono se va perdiendo rápidamente mientras que el Nitrógeno

permanece más o menos constante. Este estado o situación va a persistir hasta que casi quede completa la humificación, en cuya etapa la actividad de los microorganismos va siendo cada vez menor, ya que el Carbono fácilmente oxidable es muy poco, por tanto el CO_2 también merma y se da inicio a un proceso llamado nitrificación. Por ello aparecerán de nuevo los Nitratos, aunque las condiciones del suelo van a cambiar por que el humus formado generará ciertas condiciones físicas que antes no tenía dicho suelo. Este fenómeno es muy importante a tener en cuenta para no tener sorpresas en el manejo de las plantaciones orgánicas.

Dentro de las características medio-ambientales que más influyen en la descomposición de la materia orgánica, podemos mencionar: el clima, referenciado como la interacción temperatura-precipitación. En general la materia orgánica se mineraliza más en suelos de regiones cálidas que en regiones frías, de allí que en las primeras siempre sea un problema por defecto el Nitrógeno. Por otra parte la humedad del suelo también tiene un efecto sobre la acumulación de la materia orgánica y el Nitrógeno, así tenemos que en suelos húmedos será mayor esta acumulación que en los suelos afectados por secúas. La textura del suelo, es otra variable que influye en el contenido de materia orgánica y Nitrógeno del suelo, así se tiene que en suelos livianos es menor el contenido que en los suelos pesados o finos, posiblemente se deba a la diferencia en la retención de humedad. El drenaje de las zonas, es otra variable que interviene en el contenido de materia orgánica y Nitrógeno en los suelos. Los suelos faltos de drene, por sus altos contenidos de retención de humedad y falta de aireación o circulación del aire, son siempre ricos en materia orgánica y Nitrógeno, si los comparamos con suelos bien drenados y bien aireados. Los contenidos de Calcio, así como su grado de erosión y la cobertura vegetal existente, influyen de manera importante en la acumulación de materia orgánica y de Nitrógeno en los suelos.

Indudablemente que la materia orgánica ejerce gran influencia sobre los suelos y más desde el punto físico que del mismo químico. Físcamente la materia orgánica influye sobre el color del suelo, aumenta su grado oscuro, marrón o negro, con lo cual se mejora la retención de la energía solar por unidad de superficie. Influye sobre la granulación, generando mejores peds o terrones, en aquellos suelos pobres de estructura y la mejora en donde ya existe. En suelos pesados con un exceso o alta plasticidad y cohesión, estas cualidades disminuyen o se reducen al aumentarse los contenidos de ma-

teria orgánica, haciendo de los suelos una masa más manejable agrícola-mente. Afecta positivamente la capacidad de retención del agua, especialmente en aquellos suelos arenosos, faltos de arcillas y que son un problema en el riego; ya que une las partículas, aumenta la microporosidad, reduce los macroporos y por tanto el suelo aumenta la retención del agua. La materia orgánica en cualquier suelo que se aplique aumentará la capacidad de absorción de cationes y muy especialmente en los suelos livianos, en donde los fertilizantes se pierden por lixiviación, ya que no pueden ser retenidos por el suelo por la falta de coloides. Recordemos que los coloides orgánicos poseen CIC de dos a tres veces mayor que los coloides minerales, por ello se mejora la nutrición y el manejo de los suelos.

Desde el punto de vista químico, la materia orgánica mejora las condiciones de los suelos, más es imposible que reemplace la eficiencia de los fertilizantes químicos, especialmente en lo referente a la cantidad de nutrientes entregados al mismo suelo. La materia orgánica puede entregar una cantidad bastante apreciable de Nitrógeno de Fósforo y de Azufre a los suelos, dependiendo del tipo y cantidad de materia aplicada y su ciclo de aplicación. También puede entregar algunas cantidades de Potasio y Calcio, Magnesio y micronutrientes a las plantas. Pero su veneficio más importante lo hace a nivel de física de suelo.

Desde el punto de vista químico, los cultivos más beneficiados son los que tienen grandes exigencias de Nitrógeno, como los pastos y hortalizas de hojas, pero aquellos cultivos con altas exigencias de Potasio, no serán beneficiados, por ejemplo, banano y palma de aceite, entre otros.

EL MANEJO DE LOS SUELOS BAJO EXPLOTACIÓN DE PALMA DE ACEITE ORGÁNICA

Son varios los factores que se deben manejar en aquellos suelos que sostienen una plantación orgánica de palma de aceite, entre estos tenemos como más importantes:

EL MOVIMIENTO DEL AGUA Y EL AIRE EN EL SUELO

Esta práctica es de mucha importancia, ya que al haber menor cantidad de nutrientes en el suelo, lo que existe deberá ser utilizado con máxima

eficiencia y esto solo se puede conseguir si existe una muy buena condición de oxigenación en los suelos. Para conseguir este objetivo se deben subsolar los suelos de la siguiente manera: antes de la instalación del cultivo, se debe subsolar todo el lote a una profundidad media de 90 a 80 centímetros, dependiendo del grado de compactación existente se podrá cruzar o no la subsolada, más tarde y cuando la plantación tenga entre 3 a 4 años de instalada, se debe realizar otra subsolada, pero en este caso realizando el trabajo una calle si y otra no y sin cruzarla, a los 6 años se deben subsolar aquellas calles que lo fueron a los 3 o 4 años, y desde esta edad cada 2 años se debe repetir esta operación, intercalando el trabajo en las calles, de tal manera que realmente se repite cada 2 años. Se puede además trabajar todas las calles, siguiendo un programa de subsolada, como el propuesto aquí (ver cuadro) con lo cual al lapso de 6 años se ha dado la vuelta en todo el plateo (ver esquema gráfico).

La profundidad de la primera o inicial subsolada será entre los 80 a 90 centímetros y luego las otras serán entre los 50 a 70 centímetros de profundidad. La anchura de la faja subsolada deberá ser mínimo de 1.0 metro y su ubicación a unos 70 centímetros del borde del plato normal. Para obtener esta operación bien hecha, se debe usar un mínimo de dos ganchos en cada subsolador, separados entre sí 40 centímetros y pasarlo dos veces para ajustar una faja subsolada de 1.20 metros de ancho, lo cual es más que suficiente.

Con el pase de subsolada, solo se rompe un 25% del sistema radicular aproximadamente de cada palma, pero el retorno de raíces nuevas por lo menos duplicará las rotas, aumentando en 100% por ese lado la exploración del suelo.

TABLA N° 51

CUADRO DE SUBSOLADAS SEGÚN LÍNEAS DE PALMA. PRIMER SISTEMA

Subsolada No	Calle 1	Calle 2	Calle 3	Calle 4	Calle 5	Calle 6
Inicial	Se hará en todo el lote y antes de la siembra puede ser cruzada					
Primera	X		X		X	
Segunda		X		X		X

Con este sistema solo se corta siempre en dos sectores el sistema radicular y se repite cada dos años a partir del tercer o cuarto año de la inicial.

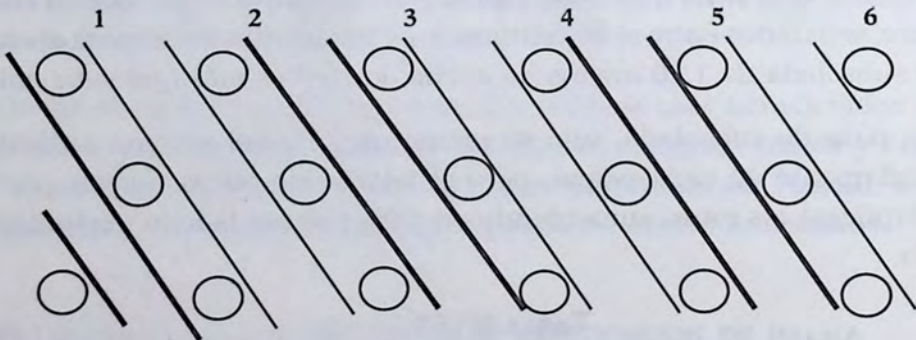
TABLA N° 52

CUADRO DE SUBSOLADAS SEGÚN LÍNEAS DE PALMA. SEGUNDO SISTEMA

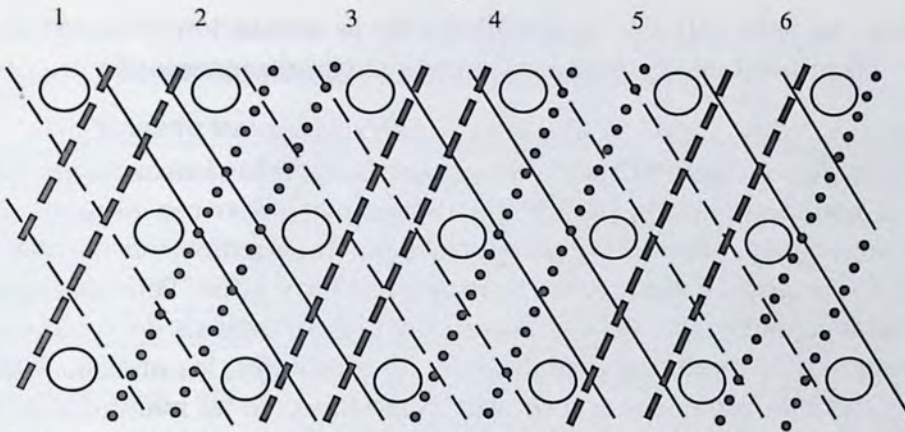
Subsolada No	Calle 1	Calle 2	Calle 3	Calle 4	Calle 5	Calle 6
Inicial	Se realiza en todo el lote, cruzándose si es necesario y siempre antes de la siembra					
Primera	O		O		O	
Segunda		O		O		O
Tercera	X		X		X	
Cuarta		X		X		X

La primera y segunda difieren de la tercera y cuarta en el sentido de la subsolada (ver gráfica). En este sistema se repite la primera a los 3 o 4 años después de la inicial y luego cada dos años se subsola según el cuadro de manejo, de tal manera que se rodea la planta en 6 años y luego se repite cada operación.

También podemos subsolar una sola faja de ancho 1.20 a 1.50 metros en todo el centro de la calle (ver gráfica 13).

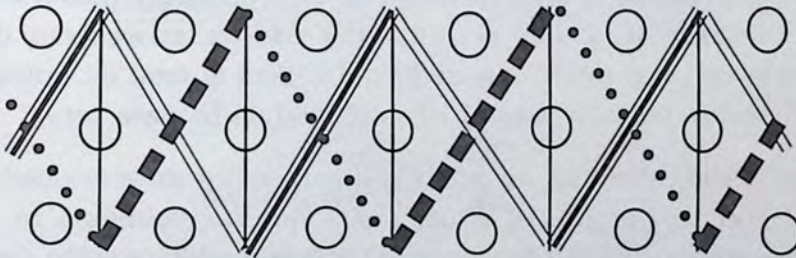


Gráfica N° 13: Primer sistema de subsolada. Se subsola una calle y otra no, sino a los dos años y el ciclo se cierra a los 2 años. La subsolada se realiza a unos 70 cm del borde exterior del plato con un ancho entre 1.2 a 1.4 metros y se hacen dos fajas de subsolada en cada calle.



Gráfica N° 14: Segundo sistema de subsolada en donde se cruza la subsolada. En el primer año se subsola una calle sí y otra no, a los dos años se subsola la calle que se dejó hace dos años y luego se cambia el sentido cruzando, así se subsola una calle sí y otra no al cuarto año y al sexto año se subsola la otra calle. El ciclo se cierra a los seis años. El ancho de la faja subsolada es de 1.20 a 1.40 metros y se hacen dos por cada calle a unos 70 cm del borde exterior del plato.

El otro modo de ubicar las fajas subsoladas es en el centro de la calle, como se muestra en gráfica siguiente, a la cual se le puede dar una anchura de 1.5 a 1.7 metros.



Gráfica N° 15. Se indica el sistema de subsolada con una sola faja central en la calle

MANEJO DEL AGUA DE RIEGOS

En las plantaciones orgánicas, más que en cualquier otra, el manejo de los riegos es de suma importancia, para ello se deben conocer variables tales como: frecuencia de riegos, capacidad de campo, coeficiente de marchitez, máxima retención de humedad, velocidad de infiltración y conductividad hidráulica en cada lote y sectorizar a la plantación según el mapa de suelos para manejo de riegos.

En lo posible y antes de la instalación se deben nivelar los lotes para dar la mejor eficiencia a los riegos y el mejor uso al agua, para evitar excesos y

defectos. Se debe estudiar la posibilidad de la instalación de sistemas de riegos eficientes que encajen dentro del sistema de manejo de la plantación.

La fertilización. La fertilización de las plantaciones orgánicas tienen como base la materia orgánica, pero se puede complementar con algunos fertilizantes minerales naturales y reconocidos por la organización mundial de productos orgánicos, tales como la roca fosfórica y otros. Pero para poder usar estos materiales se debe conocer muy bien el análisis de suelo, especialmente en su parte de mineralización de nutrientes, los análisis foliares y los materiales orgánicos que se usan como base, de tal manera que después de realizar todos los cálculos se pueda decir con seguridad qué cantidad de mineral natural se debe aplicar. Para estos casos los análisis de suelos deben realizarse anualmente, lo mismo que los foliares.

Algunos autores han reportado que de los nutrientes que consumen los bovinos, en su ración diaria, excretan entre el 75 al 80% del Nitrógeno y del Fósforo, un 85 al 90% del Potasio, el 90% del Calcio y un 40 al 50% de la materia orgánica. Además han encontrado que en la parte sólida de las excretas se encuentra la mitad o algo más del Nitrógeno, más o menos un tercio del Potasio y casi todo el fósforo del total de las excretas, de allí la importancia de estos estiércoles de bovinos. Pero el total de nutrientes en estos estiércoles, no sobrepasa el 10% del total de la masa seca.

A continuación daremos los análisis o contenidos de nutrientes de una serie de productos orgánicos y estiércoles que normalmente se usan en agricultura, aunque cada producto varía según la alimentación del animal en referencia.

TABLA N° 53

Animal	Nitrógeno %	Fósforo %	Potasio %
Ganado de engorde	0.6 a 4.9	0.11 a 1.6	0.05 a 4.0
Ganado lechero	1.5 a 3.9	0.56 a 1.6	1.4 a 3.4
Cerdos	2.0 a 7.5	0.56 a 2.50	1.50 a 4.90
Gallinas	1.1 a 11.0	0.80 a 6.30	0.73 a 5.20

Fuente: Pratt. 1982, citado por Powers.

TABLA N° 54

CONTENIDO NUTRICIONAL DE ALGUNOS ESTIÉRCOLES DADOS EN %

	Ganado lechero	Ganado de engorde	Cerdos	Caballos	Ovejas
N %	0.56	0.70	0.50	0.69	1.10
P %	0.10	0.20	0.14	0.10	0.21
K %	0.50	0.45	0.38	0.60	1.00
Ca %	0.28	0.12	0.57	0.79	0.59
Mg %	0.11	0.10	0.08	0.14	0.19
Fe %	0.004	0.004	0.028	0.014	0.016
S %	0.05	0.085	0.140	0.070	0.090

Fuente Mc Calla 1.975

TABLA N° 55

CONTENIDO NUTRICIONAL DE ESTIÉRCOLES

	Estiércol de cerdo	Gallinaza
Nitrógeno %	1.75 a 2.29	2.04
Potasio %	1.36 a 1.15	2.62
Carbono %	42.80 a 39.40	28.80
Relación C/N	24.40 a 17.20	14.70

Fuente Ernani año 1.984

TABLA N° 56

ANÁLISIS DE COMPOST DE BASURAS

	Compost A	Compost B	Compost C	Compost D
Humedad %	6.0	15.6	17.6	31.80
Materia org %	13.70	14.0	14.0	12.00
N Total %	0.60	0.70	0.70	0.60
Úrea %	1.30	1.52	1.52	1.30
Fósforo %	0.30	0.40	0.30	0.30
P2O5 %	0.68	0.91	0.68	0.68
Potasio %	0.80	0.60	0.70	0.40
K2O %	0.96	0.72	0.84	0.48
Relación C/N	12/1	10/1	10/1	12/1

Fuente Sotamayor. 1.979.

TABLA N° 57
COMPOSICIÓN DE ALGUNOS RESIDUOS AGRÍCOLAS

Materiales	C %	N %	P %	K %	(Ca+Mg+K)	Mn %	Si %
Hojas de palma	45.0	1.48	0.11	-	1.66	0.0372	3.78
Dif. hojas secas	-	1.10	0.25	0.30	-	-	-
Cáscara de arroz	46.0	0.89	0.45	-	1.57	0.0263	10.40
Aserrín	48.5	0.31	0.03	-	1.30	0.0015	-
Paja de Guinea	45.0	0.31	0.17	-	3.87	0.0103	6.59

Fuente: Ayanaba 1.982 y Correa 1.982

TABLA N° 58
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ALGUNOS LODOS DE CIUDADES. VARIOS AUTORES

Elementos	Composición
Carbono %	65.0 a 58.0
Nitrógeno total %	0.1 a 17.6
Fósforo %	0.1 a 14.3
Potasio %	0.02 a 2.6
Fósforo Inorgánico %	0.1 a 2.4
Sílice %	0.6 a 1.5
Calcio %	0.1 a 25.0
Magnesio %	0.03 a 2.0
Hierro %	0.10 a 15.5
Aluminio %	0.10 a 13.5
Sodio %	0.01 a 3.1

Veamos los residuos de cosecha y procesamiento de la palma de aceite.

Ente los residuos se tiene fundamentalmente la tusa o raquis del racimo, esto por su volumen y facilidad para adquirirlo y manejarlo.

TABLA N° 59

REPORTE DE NUTRIENTES DEL RAQUIS DE PALMA DE ACEITE

	Ceni palma	Ceni palma	Com OMA	Abingra	Agrocol (Gradesa)
N %	0.90	0.70	0.80	0.47	1.75
P %	0.20	0.09	0.046	-	2.16
K %	3.37	2.24	1.14	2.29	7.47
Ca %	0.22	0.10	-	-	8.33
Mg %	0.12	0.27	0.039	0.78	1.92
B p.p.m	10.50	1500.0	0.36	-	37.00
Cu p.p.m	14.20	500.0	15.00	-	77.00
Mn p.p.m	39.90	14.0	31.02	300.00	617.00
Zn p.p.m	27.80	2.5	47.25	-	170.00
Materia Org%	-	-	25.95	72.24	35.50
C Org %	-	-	15.05	41.90	20.60
Na %	-	-	0.64	-	-
S %	-	-	0.036	-	0.0051

Información suministrada por la Empresa Padelma Ltda (Dr. R. Ballesteros L).

El análisis de la empresa Agrocol no es de un compost de raquis, se usa el raquis como base, pero contiene otros materiales orgánicos y micorrizas.

Otros materiales que se han probado con alguna eficiencia temporal, son los efluentes de las extractoras de aceite de palma de aceite, los cuales se han usado directamente en el cultivo, o después de ser sometidos a algunos tratamientos como decantación o degradación y oxidación por bacterias especializadas.

El problema de los efluentes de las extractoras de aceite, de palma de aceite, es su alto DOB, que por lo genral es de 2.000 a 3.000 p.p.m y para llevarlos a 1.000 se requiere de por lo menos embalsarlos durante 2 a 3 meses. Por lo anterior, si dejamos el efluente en reposo se tendran dos fases, una sólida que precipita (lodo) y una suspensión liquida (sobrenadante) las cuales tendrán una composición diferente.

TABLA N° 60

**COMPOSICIÓN PROMEDIA QUÍMICA DE LOS EFLUENTES:
CRUDOS DIGERIDOS EN TANQUES Y SOBRENADANTE EN ZANJAS,
DE LAS EXTRACTORAS DE ACEITE DE PALMA**

Parámetro	E. Crudo	E. Digerido en tanques	Sobrenadante en zanjás
PH	3.86	7.10	7.60
DOB p.p.m	35.836.00	1.912.00	328.00
T.S p.p.m	67.932.00	31.791.00	7.269.00
S.S p.p.m	39.233.00	22.906.00	2.365.00
NH ₄ -N p.p.m	50.00	138.00	131.00
N-Total p.p.m	1.194.00	1.004.00	396.00
P p.p.m	180.00	135.00	89.00
K p.p.m	2.270.00	1.878.00	1156.00
Mg p.p.m	615.00	470.00	294.00
Ca p.p.m	439.00	365.00	231.00

Fuente: Lim.K.H 1.988

Nota: La DOB estándar en Malasia para colocar residuos a sistemas fluviales es de 100 p.p.m.

TABLA N° 61

**COTENIDOS DE NUTRIENTES DE LA HARINA DE PALMISTE DE PALMA DE ACEITE,
COMPARADA CON LA DE AFRECHO DE TRIGO COMERCIAL**

Parámetro en %	H de Palmiste	Afrecho de trigo comercial
N-Total	3.15	3.06
P-Total	0.70	0.80
Ca-Total	2.80	0.60
Mg-Total	0.25	0.63
Fe	0.20	0.08

Fuente: Pacheco de D 1.996

Otros materiales que también se aplican durante las labores del manejo de la plantación de palma generan unas cantidades apreciables de nutrientes, estas son según lo indica el siguiente cuadro:

TABLA N° 62

CONTENIDO DE ELEMENTOS NUTRIENTES DE LAS HOJAS E INFLORECENCIA MASCULINA APORTADO POR AÑO POR PLANTA EN UNA PLANTACIÓN BIEN MANEJADA Y SIEMPRE Y CUANDO SE MINERALICE LA MATERIA ORGÁNICA EN ESE MISMO AÑO

Nutriente	Hojas podadas	Inflorescencia masculina
Nitrógeno Kg/palma	0.470	0.078
Fósforo Kg/palma	0.062	0.016
Potasio Kg/palma	0.600	0.112
Magnesio Kg/palma	0.157	0.046
Calcio Kg/palma	0.431	0.031

Fuente: Diversos autores.

Otro elemento usado en algunos son los lodos tal como salen de la extractora, pero se han tenido problemas con la física del suelo, ya que impermeabilizan porque taponan los poros. Sin embargo, estos lodos, ya sean secos o en suspensión, podrían usarse en suelos muy livianos, para buscar la formación de pedos o estructura y secos pueden ser un buen complemento si se aplican en una mezcla adecuada con los abonos orgánicos.

Nos podemos dar cuenta que son bastante y diferentes los materiales orgánicos y muchos de la misma plantación, que pueden ser utilizados como abono orgánico en la misma hacienda. También nos podemos dar cuenta que los análisis difieren y ello se debe fundamentalmente a dos cosas: primero a la metodología analítica usada y segundo al manejo de la plantación en sí y muy especialmente en lo referente a la nutrición aplicada. Podemos decir que el problema más agudo de los orgánicos es el volumen requerido y el volumen producido.

LOS TIPOS DE FERTILIZANTES

La base científica y fundamento práctico para aplicar la fertilización al cultivo de la palma de aceite, es entregar a la plantación en todo su ciclo de vida los nutrientes necesarios para su crecimiento y producción de buenas cosechas. Ya se ha comentado e indicado cuáles son las fuentes de fertilizantes que podemos usar en palma de aceite, lo que aquí haremos es discutir algunos principios sobre la forma en que se pueden usar las fuentes de cada nutriente.

Basta con entender que la palma de aceite no se puede alimentar únicamente de Potasio o de Nitrógeno, por ello, cuando solo se aplica un nutriente, es posible que no estemos haciendo nada o estemos empeorando la condición nutricional, ya que la palma requiere de todos los nutrientes y en forma balanceada para poder absorberlos y transformarlos en producción y material vegetativo. Por ello, la sola aplicación de un nutriente en forma incontrolada puede desbalancear toda la nutrición en el sistema, esta es una práctica hasta cierto punto contradictoria y negativa.

La palma de aceite requiere de una fertilización completa, de allí que los fertilizantes completos o mezclados, ya sea por métodos físicos o químicos pero que llenen las necesidades de la palma, sean los que generan los mejores resultados. También la fertilización con fertilizantes simples pero aplicados al mismo tiempo, dan buenos resultados y esto es lo que se observa en la gran mayoría de las plantaciones.

En la actualidad existen muchos fertilizantes líquidos, simples y complejos, lo cual podría ser una alternativa en la fertilización de aquellas plantaciones con problemas de suelos livianos, pero claro está, se debe tener el cuidado necesario. La respuesta de las plantaciones a los fertilizantes líquidos es rápida y por ello se deben aplicar con mayor frecuencia, lo que encarece el programa de fertilización considerablemente.

LA MEZCLA FÍSICA DE LOS FERTILIZANTES

La mezcla física de los fertilizantes es un proceso mecánico, en el cual se homogenizan los gránulos de las diferentes fuentes usadas o seleccionadas, pero independientemente cada gránulo seguirá siendo igual al fertilizante o fuente a la que pertenece (Úrea, Sulpomag, etc). La mezcla se puede realizar dependiendo de una serie de factores, entre los que tenemos: la compatibilidad de los fertilizantes a usar, la rapidez en el uso que se da a la mezcla y el tiempo de reposo en la bodega, ya que algunas mezclas solo se deben hacer si se van a usar de inmediato y otras son imposibles. La incompatibilidad entre los fertilizantes se debe a diferentes motivos, entre los que mencionaremos: forma una masa que al poco tiempo se compacta, forma una masa que es muy higroscópica y al final se obtiene una masa húmeda o porque pueden desprender gases tóxicos.

Ejemplo de una mezcla y su cálculo. Supongamos que la recomendación para una plantación de palma de aceite es la siguiente:

Nitrógeno(N) = 276 gr/palma/ semestre

Potasio (K) = 350 gr/palma/ semestre

Fuentes Úrea y Cloruro de Potasio.

Realizar los cálculos para 50 hectáreas de cultivo.

Fuentes: Úrea del 46% de N

KCl del 60% de K_2O .

Total palmas = $144 \times 50 = 7.200$

Area = 50 hectáreas.

Cálculo de la Úrea por palma:

$$\begin{array}{ll} 100 \text{ Kg de Úrea} & 46 \text{ Kg de N} \\ X & 0.276 \text{ Kg de N} \\ X = (100 \times 0.276) / 46 = 0.600 \text{ Kg de Úrea} \end{array}$$

Cálculo del KCl por palma.

$$\begin{array}{ll} 94 \text{ Kg de } K_2O & 78 \text{ Kg de K} \\ X & 0.350 \text{ Kg de K} \\ X = (94 \times 0.350) / 78 = 0.422 \text{ Kg de } K_2O \text{ por palma} \\ 100 \text{ Kg de KCl} & 60 \text{ Kg de } K_2O \\ X & 0,422 \text{ Kg de } K_2O \\ X = (0.422 \times 100) / 60 = 0.703 \text{ Kg de KCl} \end{array}$$

Para las 7.200 palmas tendremos:

Úrea $0.600 \times 7.200 = 4.320$ kilos/ 50 = 86,4 bultos.

KCl $0.703 \times 7.200 = 5.061,6$ kilos/50 = 101,23 bultos

Total mezcla = 86.4 bultos + 101,23 bultos = 187,63 bultos

Se aplica por palma 1,3 Kilos por semestre de esta mezcla.

En esta mezcla usted puede observar los gránulos de cada fertilizante y se pueden preparar en la propia plantación o mandarlas a preparar con el agente vendedor.

LA MEZCLA QUÍMICA

Este tipo de mezcla solo puede ser preparado en una fábrica para fertilizantes, y aquí un gránulo del producto final o mezcla contiene todos y en la proporción requerida los nutrientes mezclados, según el pedido o producto fabricado. Cada gránulo si se analiza químicamente tendrá la composición que indica la fórmula, así por ejemplo en el 10-30-10, cada gránulo tendrá 10% de N, 30% de P_2O_5 y 10% de K_2O . Existen muchos ejemplos de mezclas químicas en el mercado, por ejemplo:

- 15-15-15
- 14-14-14
- 17- 6-18- 2
- 12-12-17-2
- 25- 15- 0- 3
- 13- 26- 6

Cuando en una plantación se tiene que preparar una mezcla física y se tiene un fertilizante compuesto o mezcla química, éste se debe tomar como base y completar con fertilizantes simples lo que pida la recomendación, en este caso nuestra mezcla será mixta, físico-química. A manera de ejemplo daremos el siguiente problema:

Si a una plantación se le ha recomendado la siguiente fertilización:

- Nitrógeno (N) = 276 gramos por palma
- Potasio (K_2O) = 480 gramos por palma
- MgO = 40 gramos por planta

Si en bodega se tiene:

- Sulpomag (22% de K_2O y 18% de MgO y 22 % de S)
- Cloruro de Potasio (KCl) del 60% de K_2O
- Úrea del 46% de N

Se quiere aplicar el fertilizante en conjunto, para mejores resultados, por ello se requiere de la preparación de una mezcla física, en la cual intevendrá una mezcla química, el Sulpomag, y por ello al final se tendrá una mezcla mixta.

La preparación por hectárea será de:

$$N: 276 \times 144 = 39.744 \text{ gr} = 39,744 \text{ Kg}$$

Se transforman a Úrea del 46%:

$$\text{Úrea/ha} = (39,744 \text{ Kg} \times 100) / 46 = 86,4 \text{ Kg de Úrea}$$

$$\text{MgO: } 40 \text{ gr/palma}$$

Por tanto se debe tomar el Sulpomag como fuente del MgO

$$\text{Sulpomag/ha} = (40 \times 100) / 18 = 222,22\text{g} \times 144 = 32 \text{ kg}$$

$$\text{K}_2\text{O: } 480 \text{ gr/ palma} \times 144 = 69,12 \text{ Kg/ha se requieren}$$

Veamos cuanto K_2O nos está aportando el Sulpomag.

$$\text{K}_2\text{O} = (222,22 \times 22) / 100 = 48,9 \text{ Kg /ka aportados por Sulpomag}$$

$$\text{Diferencia} = 69,12 - 48,9 = 20,22 \text{ Kg de } \text{K}_2\text{O},$$

Esto lo debe aportar el KCl.

$$\text{KCl} = (20,22 \times 100) / 60 = 33,70\text{Kg de KCl}$$

Por tanto debemos mezclar: 86,4 Kg de Úrea + 32 Kg de sulpomag + 33,70 Kg de KCl.

El total de mezcla será de $(86,4 + 32,0 + 33,70) = 152,1 \text{ Kg}$ y se aplicará por planta $(152,1) / 144) 1,06 \text{ Kg}$ semestralmente.

LA ÚREA RECUBIERTA

Debido a que los fertilizantes al ser aplicados al suelo sufren pérdidas por diferentes motivos, lo que viene a generar la denominada eficiencia del fertilizante, se ha trabajado sobre productos de lenta liberación y muy especialmente sobre el caso de Nitrógeno. En el caso específico del Nitrógeno se ha encontrado que dicha alternativa puede ser el uso de las úreas recubiertas con Azufre, ya que de esta manera el gránulo de Úrea va dando o liberando el Nitrógeno muy lentamente y por ello se reduce la pérdida. En la Costa Norte colombiana, estas ureas no han sido aún probadas en palma de aceite.

EL CICLO DE LOS NUTRIENTES EN SUELOS BAJO PALMA DE ACEITE

El hecho de conocer las cantidades de nutrientes que pueden entrar en el suelo y las que pueden salir, es de gran importancia en el manejo de la fertilización en palma de aceite. La manera de conocer estas variables que entran en juego en el ciclo de los nutrientes es solo realizando investigación, por ejemplo: conocer la lixiviación o fijación o pérdidas totales de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio, etc, que es parte de la fertilización aplicada y que la palma no tomará. Por otra parte, se requiere conocer la cantidad de nutriente que se pierde por el drenaje superficial o cuanto nutriente nos está aportando el agua de riegos.

La única salida de nutrientes que se puede observar y cuantificar realmente es lo que se retira con la producción de fruta en cada lote, por ello esta pérdida se debe siempre estimar con base en el peso total de la producción por año o por semestre. Los nutrientes que extraen las hojas podadas, las flores masculinas y otras partes de la planta que salen con la poda, no son una pérdida, ya que a la postre al descomponerse regresan a los suelos. Es de anotar que parte de los nutrientes que extrae la planta en producción retornará a los lotes, si aplicamos el raquis como un complemento de la fertilización, práctica que solo hasta el momento se realiza en algunas plantaciones. Las pérdidas por lixiviación o fijación, deben ser investigadas en cada plantación. Es evidente que gran parte de los nutrientes se pierden por escorrentía, pero esto solo se genera en suelos con algún grado de pendiente o que no fueron nivelados al preparar los lotes para la siembra.

En un lote en producción siempre existirá pérdida de nutrientes, pero por simple compensación se debe ganar por cualquier otra parte, es decir de alguna parte debe salir el nutriente para mantener las plantaciones. Existen dos fuentes que aportan nutrientes a los suelos, estas son: a- Las naturales, o sea por efectos de la meteorización y mineralización de los componentes del mismo suelo, el aporte del agua de lluvia o de riego y el que hace la materia orgánica de las malezas y parte de la plantación que se quita con las podas. b- El aporte realizado por medio de los fertilizantes químicos aplicados a la plantación. El aporte natural tiende a agotarse, ya que estamos retirando gran parte de él con las cosechas, las mismas pérdidas naturales y por ello los suelos se vuelven cada vez más pobres. La fertilización química, lo mismo que la orgánica, lo que busca es compensar lo

que el suelo pierde por cosecha y mantener niveles de nutrientes tales que la planta no sufra deficiencia nutricional. En la Costa Norte colombiana, no se conocen con claridad datos de fijación, lixiviación etc, que sean un indicativo del problema.

En la Costa Norte colombiana, basados en los análisis foliares y de suelo, se conoce que las exigencias de la palma son altas para Nitrógeno y Potasio, medias para Magnesio y Boro y bajas para Fósforo. Lo anterior se debe principalmente por la calidad de suelos y su posición fisiográfica.

Con respecto a las plantaciones orgánicas, si se pueden mantener como tales siempre y cuando se les mantenga los niveles de nutrientes requeridos con base en fuentes de tipo orgánico o natural. Pero es necesario indicar que las aplicaciones de materia orgánica en grandes cantidades inducen aumento del Azufre y de la acidez de los suelos, con una considerable reducción de las bases, ello por tanto se traduce en bajas de producciones. Tampoco podemos intentar sacar el máximo del potencial genético de los materiales sembrados ya que ellos responden a unas condiciones de nutrición, que solo los puede dar el fertilizante químico. De todas maneras, las plantaciones bajo manejo orgánico deberán hacer incapie sobre el riego (frecuencia y cantidad), manejo de subsoladas programadas, manejo de residuos de cosecha, manejo de análisis de suelo y foliares anualmente, estricto control de plagas y enfermedades, ya que no se pueden usar químicos en su control. Es de anotar que un plantación con manejo químico y en alta producción, si se deja de fertilizar, la caída es grande y rápida, pudiendo llegar en menos de 4 años a las 18 toneladas por hectárea por año, lo que nos indica lo sensible que es palma de aceite con respecto a nutrición. Por ello el cuidado que se requiere en los casos orgánicos es mucho mayor que cuando se maneja plantación química.

APÉNDICE

En este apéndice se colocan algunos apartes que son una ayuda para comprender mejor la información del texto o como un complemento de toda la información dada.

APÉNDICE 1

EFFECTO QUE EJERCE EL STRESS SOBRE EL CICLO DE PRODUCCIÓN DE FRUTA EN PALMA DE ACEITE

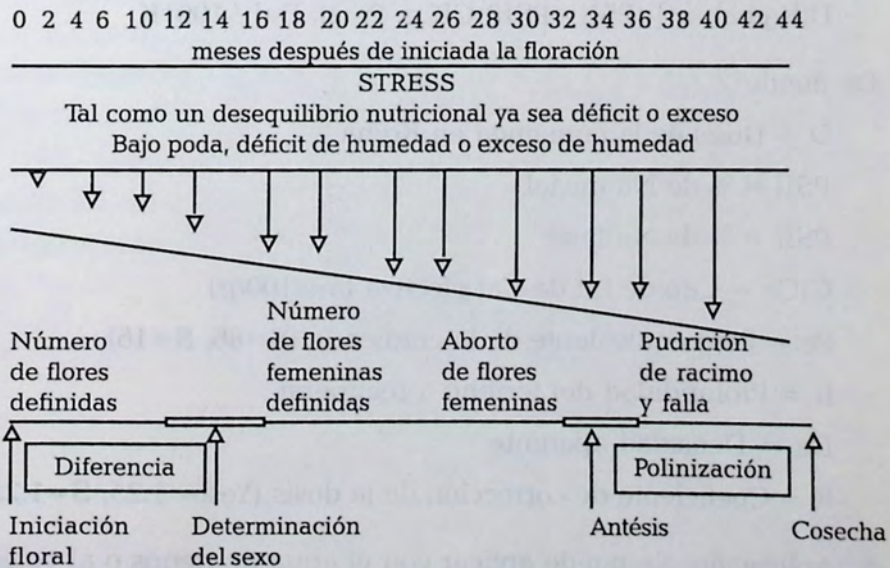


FIG. 1. EFECTOS DEL STRESS SOBRE EL CICLO DE PRODUCCIÓN EN PALMA DE ACEITE

APÉNDICE 2

CÁLCULO DE LA ENMIENDA PARA CORREGIR SUELOS AFECTADOS POR SODIO (P.S.I > 7.0)

- a. Preparación de los lotes: Arada profunda, subsolada (a por lo menos 80 cm de profundidad), agregar arena (esto si los suelos son muy pesados, plásticos y pegajosos), inversión del perfil (siempre se debe arar para invertir el perfil y poder exponer las sales sódicas al contacto con la enmienda).
- b. Enmiendas más usadas: Yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) y el Azufre (S).

El uso del yeso, como enmienda, es adecuada en cualquier situación, ya sea en suelos con carbonatos alcalinotérreos o en suelos casi libres de carbonatos alcalinotérreos y con un pH de >7.5 o en suelos casi libres de carbonatos alcalinotérreos y con un pH < 7.5. Lo mismo podemos mencionar para el Azufre, pero en suelos casi libres de carbonatos alcalinotérreos y pH < 7.5, se debe usar con cuidado.

- c- Cálculo de la dosis del mejorador o enmienda.

$$D(\text{Kg/ha}) = \{[(\text{PSI}_i - \text{PSI}_f) \text{CICe. Pe. h. Da}] / 100\}K$$

De donde:

D = Dosis de la enmienda en Kg/ha

PSI_i = % de Na inicial

PSI_f = % de Na final

CICe = Cap de Int de Cat efectiva (me/100gr)

Pe = Peso equivalente de la enmienda (S=86, S=16)

h = Profundidad del terreno a recuperar

Da = Densidad aparente

K = Coeficiente de corrección de la dosis (Yeso=1.25; S=1.25)

- d. Aplicación: Se puede aplicar con el agua de riegos o al voleo. En palma de aceite o en suelos sin cultivo al voleo es mejor. Se debe aplicar el 50% al voleo e incorporandose con el arado,

pero con poca traba y luego el otro 50% al voleo sobre la superficie.

En algunos casos se aplica el primer 50% y se aplica riego hasta capacidad de campo o algo más, para que el suelo reaccione y se mantiene así hasta una semana, luego se aplica al voleo el otro 50% y se aplica el riego, manteniéndose a capacidad de campo por unos 15 días. Al finalizar los 15 días y con el terreno melgueado se procede a inundar para iniciar los lavados respectivos. se inunda cada melga y se dejan drenar libremente, si ello no sucede se pica la melga y se drena. Luego se inicia otro lavado, hasta completar unos siete lavados en total. Cada embalse durará, si no drena, máximo una semana. Al final se deja secar y se toman muestras a diferentes profundidades para analizar análisis, especialmente Sodio. Si el nivel de Sodio es ya bueno se paran los lavados, pero sino es así se siguen hasta llegar al nivel requerido.

Si hay que aplicar más enmienda se debe hacer. Para mantener el nivel de Sodio en lo requerido deberá realizar aplicaciones de Yeso o de S periódicamente en el lote según las recomendaciones y el programa a seguir.

APÉNDICE 3

MANEJO DE LOS SUELOS SALINOS

Los suelos salinos son los que presentan un exceso de sales diferentes a las de Sodio. Estos suelos solo se pueden lavar y nunca aplicar enmiendas, ya que el agua es la que puede eliminar el exceso de sales existentes a nivel de perfil.

Por lo tanto deberá tener un buen análisis de salinidad, de tal manera que pueda conocer su C.E inicial. En el caso de estos suelos deberá realizar los siguiente:

- a. Preparar muy bien los lotes afectados. Aradura profunda, subsolada, voltear el perfil (aradura profunda) para exponer las sales al agua.
- b. Usar un agua de muy buena calidad, de tal manera que garantice que las sales saldrán del perfil.
- c. Realizar un buen sistema de drenaje y melguezar los lotes en secciones manejables.
- d. Todo lavado de suelos salinos se compone de dos fases: la uno son los lavados de recuperación y la dos son los lavados de mantenimiento. Sobre este tema son muchos los trabajos y tratados que existen y que se pueden consultar al respecto. Lo más importante es que se debe tener un control a base de análisis de suelo y agua de drene de la salinidad de cada lote.
- e. Por último recuerde que al lavar los suelos bajan de fertilidad por ello al finalizar el proceso de lavado deberá incrementar su fertilidad.

APÉNDICE 4

CÁLCULO DE LA MASA FOLIAR SECA EN PALMA DE ACEITE

Este cálculo se deberá realizar para cada lote en cada plantación, para poder realizar cuantificación de nutrición en forma muy acertada.

$$\text{Fórmula : MFS} = \{(A \times G \times 0.1023) + 0.2062\}K$$

De donde:

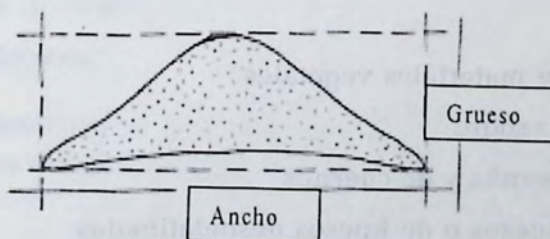
MFS = Masa foliar seca

A = Ancho de la base foliar en cm (hoja 17)

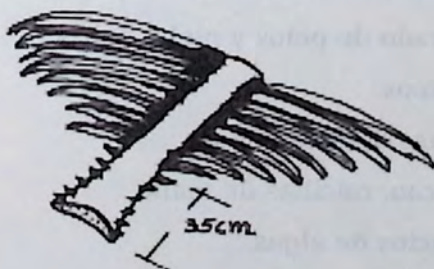
G = Grosos de la base foliar en cm (hoja 17)

K = Número de hojas con que se trabaja la palma

Como referencia siempre se toma la hoja 17 (palma adulta)



Sección de toma de datos



Sección del corte de la hoja

Normalmente en la Costa Norte colombiana se trabaja con 36 a 40 hojas, aunque existen plantaciones con menos, por ello lo importante de realizar el cálculo en cada lote que se tenga en la plantación.

PRINCIPALES PRODUCTOS ECOLÓGICOS QUE PUEDEN USARSE EN UNA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA ORGÁNICA

1. **Estiércol:** Producto constituido mediante la mezcla de excrementos de animales y material vegetal (cama). Únicamente se reconocen los de ganadería extensivas.
2. **Estiércol desecado y gallinaza deshidratada:** Con las características de 1.
3. **Mantillo de excrementos sólidos de animales, incluida la gallinaza y el estiércol compostado.** Con las características de 1.
4. **Excrementos líquidos de animales (estiércol semilíquido, orina, etc).** Con las características de 1.
5. **Turba:** Solo para usarse en horticultura, floricultura, arboricultura y viveros.
6. **Mantillo procedente de cultivos de cetos**
7. **Lombricompuestos**
8. **Guano**
9. **Mezclas de materiales vegetales**
10. **Harina de sangre**
11. **Polvo de pezuña y de cuernos**
12. **Polvo de huesos o de huesos desgelatinados**
13. **Carbón de huesos**
14. **Harina de pescado, harina de carne y harina de plumas**
15. **Lana, aglomerado de pelos y piel y pelos**
16. **Productos lácteos**
17. **Harina de tortas de oleaginosas**
18. **Cáscara de cacao, raicillas de malta**
19. **Algas y productos de algas**
20. **Aserrín y las virutas de madera**
21. **Mantillo de corteza y cenizas de maderas**
22. **Fosfato natural blando**
23. **Fosfato aluminocálcico**

24. Escorias de defosforación
25. Kainita en bruto, silvita, etc.
26. Sulfato de Potasio con sal de Magnesio
27. Vinazas y extractos de vinazas
28. Carbonato de Calcio natural. (creta, marga, roca calcárea molida, arena calcárea, creta fosfatada, etc).
29. Carbonato de Calcio y Magnesio de origen natural (creta de Magnesio, roca de Magnesio, roca de Magnesio calcárea molida, etc).
30. Sulfato de Magnesio (Kieserita, Magnesita)
31. Solución de cloruro de Calcio
32. Yeso natural.
33. Azufre elemental
34. Oligoelementos naturales
35. Cloruro de Sodio
36. Polvo de roca

El uso de micorrizas es de mucha importancia especialmente en aquellas plantaciones que se han pasado a producción orgánica.

APÉNDICE 5

MANEJO DE LOS SUELOS ÁCIDOS

Los suelos ácidos se generan en términos generales por la falta de Calcio y Magnesio o un exceso de Aluminio, el cual se elimina con Calcio.

A. Corrección por eliminación del exceso de aluminio

Si el problema es un exceso de aluminio, se corrige de la siguiente manera:

1 me de Ca/ 100gr de suelo elimina o neutraliza a 1 me de Al/ 100 gr de suelo

1 me de Ca equivale a 0.020 gr de Ca/ 100 gramos de suelo

1 me de Ca / 100 gr de suelo equivale en Kg de Ca/ ha a: fórmula de cálculo.

$$\text{Kg de Ca/ha} = 0.00020 \text{ Kg} \times (\text{Da} \times \{10000 \times \text{N}\}) / 1 \text{ Kg}$$

En donde

Da = Densidad aparente del suelo (Ton/m³)

10000 = Área (una ha)

N = Profundidad de suelo en mt.

Para pasar los Kg de Ca/ ha a Kg de CaO/ ha o a Kg de CaCO₃/ha.

Deberá entonces emplear las siguientes constantes.

$$\text{Kg de Ca / ha} \times 1.4 = \text{Kg de CaO / ha}$$

$$\text{Kg de Ca / ha} \times 2.5 = \text{Kg de CaCO}_3/\text{ha}$$

Si el caso es deficiencia de Calcio y/o de Magnesio, entonces se debe recurrir a los cálculos indicados en la interpretación de los análisis de suelo y en lo posible realizar una prueba a nivel de laboratorio con una muestra de suelos traída de la plantación, con el fin de no excederse en la aplicación de Calcio en estos suelos.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Bertsch, F. 1986. *Manual para interpretar la fertilidad de suelos*. Oficina de publicaciones de la Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica.
- Bornemisza, E. 1990. *Problemas del Azufre en suelos y cultivos de mesoamérica*. Edición de la Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. 101 p.
- Corrado, F. 1988. *La nutrición y fertilización de palma de aceite en Latinoamérica*. Santo Domingo de los Colorados. Ecuador.
- Corley, R.H.V. 1997. Productividad de la palma de aceite, aspectos fisiológicos. *Revista Palmas*. Fedepalma. Memorias del XII Conferencia Internacional sobre Palma de aceite. Cartagena. Colombia. 162-168.
- Espinosa, J. 1994. Relación entre la clasificación y la fertilidad de los suelos. En Silva, F. Editorial. *Fertilidad de los suelos, diagnóstico y control*. S.C.C.S. Bogotá. Colombia.
- , J. 1994. Acidez y encalado en los suelos. En Silva. Editorial. *Fertilidad de suelos, diagnóstico y control*. S.C.C.S Bogotá. Colombia.
- Fallavier, P; Olivin, J. 1988. *Experimental study potassium and magnesium*. *Oleagineux*. Francia. V 43 No 3.
- Fondo Nacional de Investigadores Agropecuarios. 1991. El Cultivo de palma aceitera. *Serie de paquetes tecnológicos* No 9. Maracay. Venezuela.
- Guzman, P.J.E. 1991. *Soya, Ajonjolí y Palma de Aceite*. Editorial Espasandes. R.L. Caracas. Venezuela.
- Hagtron, G.R. 1988. *La fertilización en la Palma de Aceite con nutrientes secundarios*. Santo Domingo de los Colorados. Ecuador.
- Hartley, C.W.S. 1983. *La Palma de Aceite*. Editorial C.E.C.S.A. Mexico. D. F. México.
- Infopos. 1988. *Manual de fertilidad de los suelos*. Instituto de la potasa y el fósforo. Buford Higway. Suite. Atlanta. Georgia. USA.
- . 1993. *Diagnóstico del estado nutricional de los cultivos*. Quito. Ecuador. 55. p.
- . 1996. *La nutrición foliar. Informaciones Agronómicas*. Quito. Ecuador. 4-10 p.
- Kanapathy, K, Jorgensen, H y Gurmit, S. 1981. *Preparation and utilization of -dried palm oil mill effluent (PONE). Proceeding of national workshop on oil-palm by product utilization*. Institute Penyelidikan Minyak Kelepa Sawit. Malaysia.
- Koh, S y P'ng, T. 1981. *Land application of palm oil mil effluent (PONE) using sprinklers. Proceeding of national workshop on soil palm by product utilization*. Institute penyelidikan minyak Kelapa Sawit, Malaysia.
- Low, J. 1993. Algunas experiencias de abonamiento en palma de aceite. En *Palmas*. Cenipalma. Vol 14 No 3. Santa Fé de Bogotá. Colombia. 29-34 p.
- Lopez, M y Espinosa, J. 1995. *Manual de nutrición y fertilización del banano*, Infopos. Quito. Ecuador.

- Malavolta, E. 1994. Diagnóstico foliar. En Silva Editorial. *Fertilidad de suelos diagnóstico y control*. S.C.C.S. Santa fé de Bogotá Colombia. 58-98 p.
- _____, E. 1994. *Relación entre fósforo y Zinc*. Infopos. Informaciones agronómicas. No 15. 6-7 P.
- Menguel, R y Kirby, E. 1979. *Principles of plant nutrition*. 2 ed. Instituto Internacional de la Potasa. Berna. Suiza. 593 p.
- Monomros Colombo-venezolano (E.M.A). 1991. *Palma de aceite. Fertilización de cultivos en clima cálido*. Artículo de E. Owen. Santa fé de Bogotá. Col 177-219 p.
- Munevar, F. 1998. Problemática de los suelos cultivados con palma de aceite en Colombia. Memorias de la XII Conferencia Internacional sobre palma de aceite. Revista *Palmas*. Fedepalma. Cartagena Colombia. 218-228 p.
- Ollagnier, M. Ochs, R y Martin, G. 1970. El abonamiento de palma de aceite en el mundo. *Fertilite*. Francia. Volumen 36.
- Owen, E. 1991. *Síntomas de deficiencia de manganeso. Informe anual*. Programa de oleaginosas perennes. ICA. Villavicencio. Colombia. 3-7 p.
- _____, E. 1993. Requerimiento de micronutrientes para el cultivo de palma de aceite. revista *Palmas*. Cenipalma. Vol 14 No 4 Santafé de Bogotá. Colombia
- _____, E. 1994. Fertilización de la palma de aceite con elementos secundarios en varios suelos de Colombia. Revista *Palmas*. Cenipalma. Vol 15 No 4. Santafé de Bogotá. Colombia.
- _____, E. 1993. Estudio de las principales características físico-químicas de los suelos de la región de la Costa Atlántica. Revista *Palmas*. Vol 14 No 3. Santafé de Bogotá. Colombia.
- _____, E. 1993. Estudio de las principales características físico-químicas de los suelos palmeros de la región Valles interandino. Revista *Palmas*. Cenipalma. Vol 14 No 4. Santafé de Bogotá. Colombia.
- _____, 1995. Estado de las principales características físico-químicas de los suelos palmeros de la región de la Orinoquía. Revista *Palmas*. Cenipalma. Vol 16 No 2. Santafé de Bogotá. Colombia.
- _____, 1995. Estado de las principales características físico-químicas de los suelos palmeros de la costa pasífica. Revista *Palmas*. cenipalma. Vol 16 No 3.- Santafé de Bogotá. Colombia.
- Pizarro, F. 1978. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Edt Agrícola española, S.A. Madrid. España.
- Prieto, Ch y Owen, E. 1989. Respuesta de la palma africana a la fertilización de N - P - K - Mg y B en suelos de clase III de los Llanos Orientales. ICA. CI. La Libertad, 10 p mimeografiadas.
- Platón, J e Irish, R. 1985. *El cuarto nutriente principal*. The Sulphur Institute Washington. D. C. 32 p.
- Rey, P.P. 1993. Ensayo de subsolada en el Sur del Cesar. *El Palmicultor*. Cenipalma. 6-7 p. Santafé de Bogotá.
- Rivadeneira, J. 1983. Fertilización mineral de la palma africana en la etapa de vivero. *Boletín Div* No 136. Santo Domingo de los Colorados. INIAP. Ecuador.
- Tisdale, S. W. Nelso, J. Beaton, J y Havlin, J. 1993. *Soil fertility and fertilizers*. Edi. Mac Millan Publishing Company. N.Y. USA. 634 p.
- Teoh, K. C y Chev, P. S. 1992. Análisis del raquis como alternativa para el diagnóstico de la nutrición de Potasio en palma de aceite. Informaciones agronómicas. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Quito. Ecuador. 1-2 p.
- Wood, B. J. Lai, P. Lim y Kanagaratman, J. 1981. *Application methods of digested palm oil mill effluent in relation to land characteristics and oil palm crop. Proceedings of national workshop on oil palm by product utilization*. Institut Penyelidikan Minyak Kelepa Sawit, Malaysia.
- Von Uexkull, H.K. 1996. *El cloro en la nutrición de la palma de aceite. Informaciones agronómicas*. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Quito. Ecuador. 4-6 p.
- Von Uexkull, H. K. 1991. Fertilizing for high yield and quality. The oil Palm. *IPI Bulletin* No 12. International Potash Institute. Bern/Switzerland.

- Yeow, K. H y Zin Zakaria. 1.981. MOPGC/PORIM. *Progress report on palm oilraw effluent utilization. Proceedings of national workshop on oil palm by product utilization.* Institut Penyelidikan Minyak Kelapa Sawit, Malaysia.
- Zin, Z. Zakaria. 1.998. Manejo de suelos y fertilizantes en plantaciones de palma de aceite en Malasia. Memorias de la XII Conferencia Internacional sobre palma de aceite. Revista *Palm*as. Fedepalma. Cartagena. Colombia.