

Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite
Guía para facilitadores



Diseño y evaluación del programa de
manejo nutricional en palma de aceite

Nolver Atanacio Arias Arias
Jorge Alonso Beltrán Giraldo

Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite
Guía para facilitadores

Diseño y evaluación del programa de
manejo nutricional en palma de aceite

Nolver Atanacio Arias Arias
Jorge Alonso Beltrán Giraldo

Bogotá, D.C., Colombia, febrero de 2014

Diseño y evaluación del programa de manejo nutricional en palma de aceite

Publicación de la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma), cofinanciada por Fedepalma - Fondo de Fomento Palmero

Autores

Nolver Atanacio Arias Arias
Jorge Alonso Beltrán Giraldo

Coordinador General

Jorge Alonso Beltrán Giraldo
División de Validación de Resultados de Investigación y Transferencia de Tecnología
Cenipalma

Coordinador didáctico

Vicente Zapata Sánchez

Coordinador Editorial

Donaldo Alonso Donado Vioria
Redactores Profesionales - www.redactores.org

Fotografías

Colección de Fedepalma 2009 – 2010

Diseño

Carlos Sandoval - Pigmalión

Impresión

Javegraf

Calle 20A N° 43A – 50. Piso 4º.
Teléfono: 2086300 Fax: 2444711
E-mail: narias@cenipalma.org
www.cenipalma.org
Bogotá, D.C. - Colombia

Impresión: abril de 2010

Reimpresión: febrero de 2014

ISBN: 978-958-8360-12-6

Cita:

Arias Arias, Nolver Atanacio; Beltrán Giraldo, Jorge Alonso. Diseño y evaluación del programa de manejo nutricional en palma de aceite. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: guía para facilitadores. Bogotá (Colombia). 112 p.

1. Manejo del cultivo. 2. Palma de aceite. 3. Capacitación.
 - I. Arias Arias, Nolver Atanacio; Beltrán Giraldo, Jorge Alonso.
 - II. Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma)
 - III. Fondo de Fomento Palmero
 - IV. Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma)

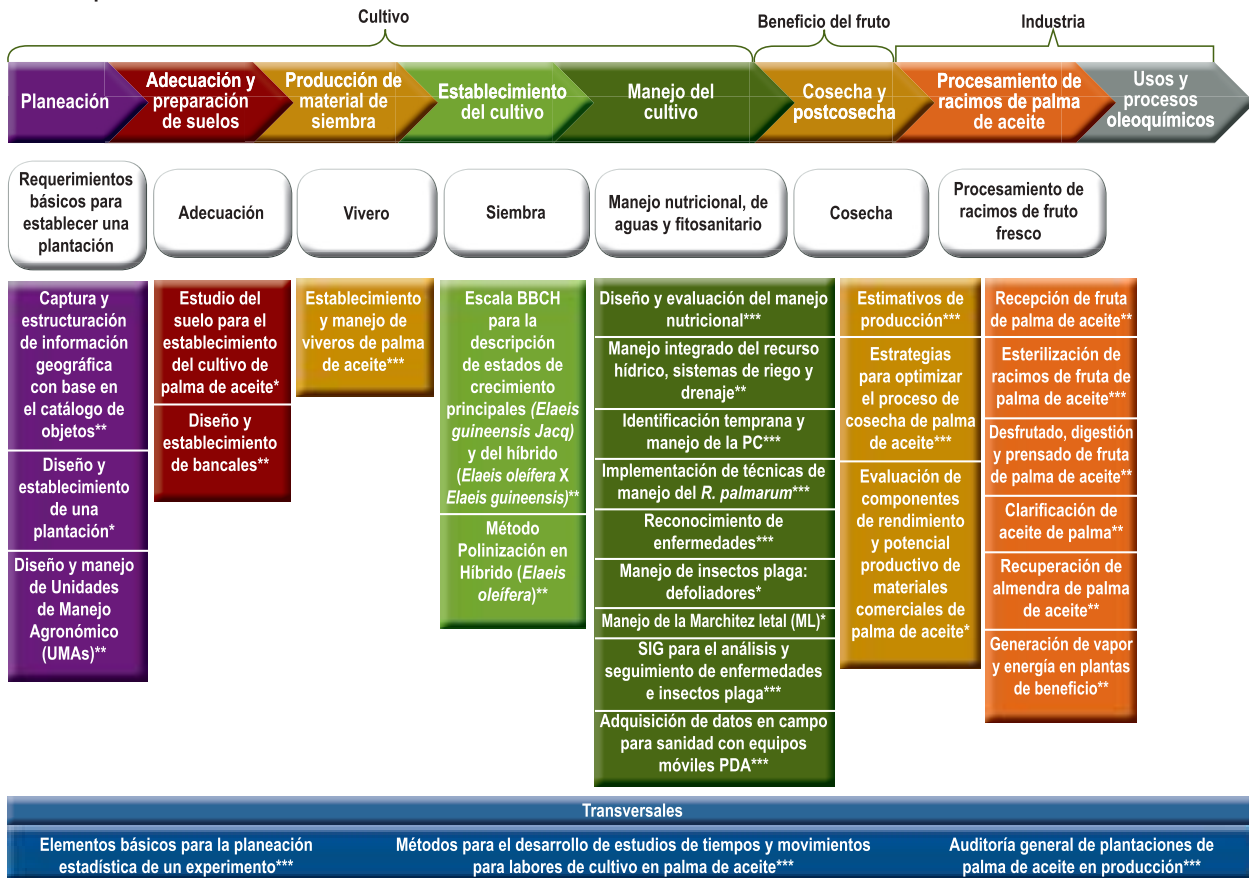
Títulos de esta serie

- **Diseño y establecimiento de una plantación de palma de aceite**
José Oscar Obando, Wilbert Castro y Jorge Alonso Beltrán Giraldo
- **Establecimiento y manejo de viveros de palma de aceite**
Dumar Motta Valencia y Jorge Alonso Beltrán Giraldo
- **Manejo integral del suelo para el establecimiento del cultivo de la palma de aceite**
Diego Luis Molina López, Edna Margarita Garzón González y Hernán Mauricio Romero Angulo
- **Diseño y evaluación del programa de manejo nutricional en palma de aceite**
Nolver Atanacio Arias Arias y Jorge Alonso Beltrán Giraldo
- **Identificación temprana y manejo de la Pudrición del cogollo de la palma de aceite**
Gabriel Andrés Torres Londoño, Greicy Andrea Sarria Villa y Gerardo Martínez López
- **Reconocimiento de enfermedades en palma de aceite**
Benjamín Pineda López y Gerardo Martínez López
- **Implementación de técnicas de manejo de *Rhynchophorus palmarum***
Oscar Mauricio Moya Murillo, Rosa Cecilia Aldana de la Torre y Hamilton Gomes de Oliveira
- **Captura y estructuración de información geográfica para el análisis y seguimiento de enfermedades e insectos plaga en las zonas palmeras de Colombia. Casos: Pudrición del cogollo (PC), *Rhynchophorus palmarum* y defoliadores**
Víctor Rincón Romero y Hernán Mauricio Romero Angulo
- **Adquisición de datos en campo para sanidad con equipos móviles PDA**
Leonardo Araque y Hernán Mauricio Romero Angulo
- **Estimativos de producción para determinar el potencial productivo de racimos de fruta fresca**
Rodrigo Ruiz Romero, Dumar Motta Valencia y Hernán Mauricio Romero Angulo
- **Estrategias para optimizar el proceso de cosecha de la palma de aceite**
Carlos Andrés Fontanilla Díaz, Andrés Camilo Sánchez Puentes y Mauricio Mosquera Montoya

-
- **Métodos para el desarrollo de estudios de tiempos y movimientos para labores de cultivo en palma de aceite**
Andrés Camilo Sánchez Puentes, Carlos Andrés Fontanilla Díaz y Mauricio Mosquera Montoya
 - **Esterilización de racimos de fruta de palma**
Edgar Eduardo Yáñez Angarita, Jesús Alberto García Núñez y Lina Pilar Martínez Valencia
 - **Elementos básicos para la planeación estadística de un experimento**
Eloína Mesa Fuquen
 - **Auditoría general de plantaciones de palma de aceite en producción**
Pedro Nel Franco Bautista, Nolver Atanacio Arias Arias, Juliana Medina Figueroa y Jorge Alonso Beltrán Giraldo

Guías metodológicas sobre tecnologías de producción de la palma de aceite

Proceso productivo



* Guías que se encuentran en proceso de realización por parte de los investigadores-autores.

** Guías que debido a su importancia se planean realizar próximamente.

*** Guías que serán publicadas en 2010.

La anterior figura representa el conjunto de publicaciones que abarca todo el proceso productivo (cultivo y beneficio del fruto) de la palma de aceite. Las guías fueron agrupadas de acuerdo con la fase del proceso a la que pertenecen, identificadas por colores de la siguiente manera:

Planeación (Morado): incluye las guías que abordan el tema de la planeación, además de los requerimientos básicos para establecer una plantación, los cuales son: a) captura y estructuración de información geográfica con

relación al catálogo de objetos en el sector palmicultor; b) diseño de una plantación; y c) diseño y manejo de las Unidades de Manejo Agronómico (UMA).

Adecuación y preparación de suelos (Vino tinto): conforman esta fase las guías que abordan las temáticas relacionadas con el manejo integral del suelo para el establecimiento del cultivo. El proceso de manejo se inicia con el conocimiento (estudio) del estado actual del suelo y la identificación de los requerimientos que el cultivo de la palma de aceite demanda con respecto a la calidad del mismo. El proceso continúa con la exploración de alternativas para su adecuación, como el diseño y establecimiento de bancales, y finaliza con la planificación e implementación en el campo de la alternativa seleccionada.

Producción de materiales para siembra (Café): agrupa las guías relacionadas con la fase de siembra, tales como: establecimiento y manejo de viveros de palma de aceite y coberturas con leguminosas; igualmente, el conocimiento sobre los componentes de rendimiento y potencial productivo de materiales comerciales de la palma de aceite.

Establecimiento del cultivo (Verde claro): reúne las guías que abordan los temas para el establecimiento del cultivo, a saber: a) establecimiento y manejo de las coberturas; y b) siembra de la palma de aceite. Así mismo, para esta fase se incluyen las actividades que corresponden a las labores culturales, como limpieza de platos, interlíneas, poda y mantenimiento de la infraestructura.

Manejo del cultivo (Verde oscuro): pertenecen a esta fase las guías que abordan el manejo del cultivo desde diferentes áreas –nutricional, aguas y fitosanitario– en las que se ubican las siguientes guías: a) detección y manejo de la Pudrición del cogollo (PC); b) reconocimiento de otras enfermedades; c) manejo del *Rhynchosporium palmarum*; y d) detección y manejo de la Marchitez letal (ML). En esta fase también se incluyen las guías que representan herramientas de apoyo para la toma de decisiones: e) sistemas de información geográfica para el análisis y seguimiento de enfermedades e insectos plaga; y f) captura de datos en campo para la sanidad, con equipos móviles PDA.

Cosecha y postcosecha (Ocre): las guías que hacen parte de esta fase son: a) estimativos de producción; y b) estrategias para optimizar el proceso de cosecha de la palma de aceite.

Procesamiento de racimos de palma de aceite (Naranja): comprende las guías relacionadas con el procesamiento para la extracción del aceite de palma y sus subproductos. De acuerdo con el orden del proceso, se establecieron las siguientes: a) recepción de racimos de palma de aceite; b) esterilización de racimos; c) desfrutado, digestión y prensado de frutos de palma de aceite; d) clarificación de aceite de palma; e) recuperación de almendra de palma de aceite; y f) generación de vapor y energía en las plantas de beneficio.

Listado de acrónimos

Acrónimo: Nombre completo que le corresponde

Cenipalma: Centro de Investigación en Palma de Aceite

Fedepalma: Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite

Inpofos: Instituto de la Potasa y el Fósforo

Listado de abreviaturas

Abreviatura: Desglose de la abreviatura

CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico

CICE: Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva

d.a.: densidad aparente

C.E.: Conductividad eléctrica

Ds/m: Decisiemens por metro

Meq/100g: Miliequivalentes por 100 gramos de suelo

Ppm: Partes por millón

Ton/ha: Toneladas por hectárea

RFF: Racimos de Fruta Fresca

Contenido



Presentación	13
Introducción	15
Modelo de aprendizaje	17
Autoevaluación - Pretest - Exploración inicial	19
Autoevaluación - Información de retorno	19
Exploración de expectativas	21
Objetivos de aprendizaje	21
Estructura de aprendizaje	23
Unidad de aprendizaje 1. Identificación de limitantes y cálculos de Índice de balance nutricional	25
Presentación de la estructura de esta unidad	27
Breve explicación de la estructura de la unidad	27
Preguntas orientadoras	28
Objetivos de esta unidad	28
Introducción	28
Desarrollo del contenido	28
Principales nutrientes y sus funciones en el cultivo de la palma de aceite	28
Revisión de niveles críticos de nutrientes en suelo y en tejido foliar, y calificación de resultados	36
Cálculo y representación gráfica de los Índices de balance en suelo y tejido foliar	37
Ejercicio y/o práctica 1.1.	
Correlación entre nutrientes y su función en el cultivo de la palma de aceite	37
Ejercicio y/o práctica 1.2.	
Calificación de resultados de análisis de tejido foliar, de suelos y cálculos secundarios	39

Ejercicio y/o práctica 1.3.	
Cálculo y representación gráfica de Índices de balance nutricional en suelos y en tejido foliar	43
Referencias bibliográficas	46
Unidad de aprendizaje 2. Cálculos de requerimientos de nutrientes para nivelación en suelo y en tejido foliar	47
Presentación de la estructura de esta unidad	49
Breve explicación de la estructura de la unidad	49
Preguntas orientadoras	50
Objetivos de esta unidad	50
Introducción	50
Desarrollo del contenido	51
Revisión de conceptos básicos y cálculos de nivelación de nutrientes en el suelo	51
Cálculo de la cantidad de materia seca foliar por palma	51
Cálculo de los requerimientos para nivelación foliar de nutrientes	51
Ejercicio y/o práctica 2.1.	
Cálculo de la nivelación edáfica de nutrientes de acuerdo con los requerimientos de la palma de aceite	51
Ejercicio y/o práctica 2.2.	
Determinación de la cantidad de masa seca foliar en la palma de aceite	54
Ejercicio y/o práctica 2.3.	
Cuantificación de las cantidades de nutrientes que se van a aportar por concepto de nivelación foliar	55
Referencias bibliográficas	57
Unidad de aprendizaje 3. Cálculos de requerimientos para reposición de nutrientes extraídos por cosecha	59
Presentación de la estructura de esta unidad	61
Breve explicación de la estructura de la unidad	61
Preguntas orientadoras	61
Objetivos de esta unidad	62
Introducción	62

Desarrollo del contenido	62
Revisión de estudios sobre extracción de nutrientes por el cultivo de palma de aceite	62
Estimación de la producción de acuerdo con censos y registros históricos	62
Cálculos de reposición de nutrientes según la producción proyectada y requerimientos teóricos	63
Ejercicio y/o práctica 3.1.	
Cuantificar los requerimientos de nutrientes extraídos por cosecha de acuerdo al censo de producción y las cantidades teóricas de extracción	63
Referencias bibliográficas	64
Unidad de aprendizaje 4. Elección de fuentes fertilizantes que se van a aplicar de acuerdo con criterios técnicos y económicos	65
Presentación de la estructura de esta unidad	67
Breve explicación de la estructura de la unidad	67
Preguntas orientadoras	67
Objetivos de esta unidad	68
Introducción	68
Desarrollo del contenido	68
Revisión de conceptos básicos sobre propiedades de los fertilizantes	68
Ejercicio y/o práctica 4.1.	
Escogencia de fuentes fertilizantes a aplicar para nivelación de suelos, tejido foliar y reposición por cosecha	71
Referencias bibliográficas	72
Unidad de aprendizaje 5. Determinación de cantidades totales, métodos y fraccionamiento de fertilizantes, y eficiencia de la fertilización para condiciones locales	73
Presentación de la estructura de esta unidad	75
Breve explicación de la estructura de la unidad	75
Preguntas orientadoras	76
Objetivos de esta unidad	76
Introducción	76
Desarrollo del contenido	77
Determinación de cantidades totales de nutrientes y expresión en términos de fuentes fertilizantes comerciales	77
Factores que afectan la eficiencia de la fertilización	77

Ejercicio y/o práctica 5.1.	
Determinación de las cantidades totales de nutrientes y expresión en términos de fuentes fertilizantes	78
Ejercicio y/o práctica 5.2.	
Cálculo de la eficiencia de la fertilización para condiciones locales	80
Referencias bibliográficas	83
Unidad de aprendizaje 6. Revisión y seguimiento a síntomas asociados con deficiencias nutricionales en cultivos de palma de aceite	85
Presentación de la estructura de esta unidad	87
Breve explicación de la estructura de la unidad	87
Objetivos de esta unidad	87
Introducción	87
Desarrollo del contenido	88
Fisiología del comportamiento de nutrientes y su deficiencia	88
Evaluación de las deficiencias nutricionales en palma de aceite	90
Reconocimiento de síntomas asociados con deficiencias nutricionales en la palma de aceite	92
Anexos	95
Anexo 1. Evaluación final de conocimientos	97
Anexo 2. Información de retorno de la evaluación final	97
Anexo 3. Evaluación del evento	98
Anexo 4. Evaluación del desempeño del facilitador	102
Anexo 5. Plan de Acción poscapacitación	104
Anexo 6. Anexos técnicos	106

Presentación

La implementación de las guías metodológicas como herramientas de apoyo a la transferencia y la extensión han contribuido satisfactoriamente a la adopción de las diferentes tecnologías desarrolladas por Cenipalma. Por tal razón se continuó con la elaboración y publicación de nuevas guías para cubrir cada una de las fases y/o componentes de la cadena productiva, así como atender la demanda de soluciones tecnológicas en las fases de establecimiento y desarrollo del cultivo, manejo nutricional y fitosanitario, producción y extracción de aceite.

Continuar con el trabajo colaborativo entre la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma) y la Corporación Centro de Investigaciones en Palma de Aceite (Cenipalma) representa la firme convicción y certeza del gran aporte de este esfuerzo conjunto para el mejoramiento de la producción de los aceites y derivados que surgen de este importante cultivo en el país.

Con base en las lecciones aprendidas, un segundo grupo de investigadores de Cenipalma ha adoptado y mejorado un modelo para compartir experiencias y conocimientos sobre temas claves que cubren los procesos productivos de plantación, planta de beneficio y demás temas de interés en poscosecha y comercialización. Estos materiales constituyen el corazón de un currículo básico sobre el manejo del cultivo que son de gran utilidad en el proceso de actualización de los palmicultores y técnicos que laboran en las empresas palmeras, así como en la formación de facilitadores, técnicos y profesionales en los niveles medio y superior.

Las guías, dirigidas a facilitadores en diferentes ámbitos de la transferencia tecnológica y de la formación, han sido diseñadas siguiendo una metodología centrada en el desarrollo de las competencias que requieren los propietarios de las plantaciones, técnicos y trabajadores de campo y plantas de beneficio, para responder en forma oportuna a los retos que plantea la agroindustria de la palma de aceite.

La estructura didáctica de las guías orienta a los facilitadores hacia el desarrollo de una capacitación centrada en el adelanto de las capacidades requeridas para el manejo de cada una de las tecnologías. La inclusión de elementos didácticos, como las estructuras de aprendizaje, las preguntas orientadoras y una variedad de ejercicios y prácticas de campo diseñadas en detalle, además de una serie de anexos didácticos y técnicos, permiten que el usuario de las guías tenga una plataforma metodológica bastante elaborada, que no excluye las innovaciones creativas por parte de quienes dirijan la transferencia o la capacitación.

Cenipalma presenta, con particular orgullo, esta segunda serie de materiales didácticos a la comunidad palmera y a todos aquellos técnicos, profesionales y docentes interesados en actualizar conocimientos para la formación de los futuros responsables del escalamiento de este cultivo tan promisorio en la economía nacional.

Quiero expresar un sincero agradecimiento al ingeniero Jorge Alonso Beltrán Giraldo, quien tomó sobre sus hombros la responsabilidad de coordinar la producción de las guías, desde la definición de los temas más relevantes sobre los cuales trabajar, hasta la publicación, pasando por su revisión y validación en campo. Igualmente, un inmenso agradecimiento al Dr. Vicente Zapata Sánchez, quien nuevamente participó y aportó su amplia experiencia mediante el acompañamiento personalizado a cada uno de los investigadores para que realizaran las guías con un enfoque didáctico dirigido a la apropiación del conocimiento. Finalmente, mi gratitud a los investigadores que invirtieron incontables horas de reflexión y elaboración creativa para la conformación final de productos que contribuyen a la construcción del capital intelectual del gremio y nos llenan de orgullo institucional.

JOSÉ IGNACIO SANZ SCOVINO, *Ph.D.*

Director Ejecutivo

Cenipalma

Bogotá, D.C., octubre de 2011

Introducción

El tema de esta guía metodológica es el diseño del programa de manejo nutricional y su seguimiento en cultivos de palma aceite.

El principal objetivo de esta Unidad es describir y orientar cada uno de los pasos que se desarrollan cuando se pretende elaborar el programa de manejo de nutrición anual y se hace su seguimiento, en aras de garantizar el uso de las herramientas disponibles para lograr la mayor eficiencia en los programas de nutrición formulados.

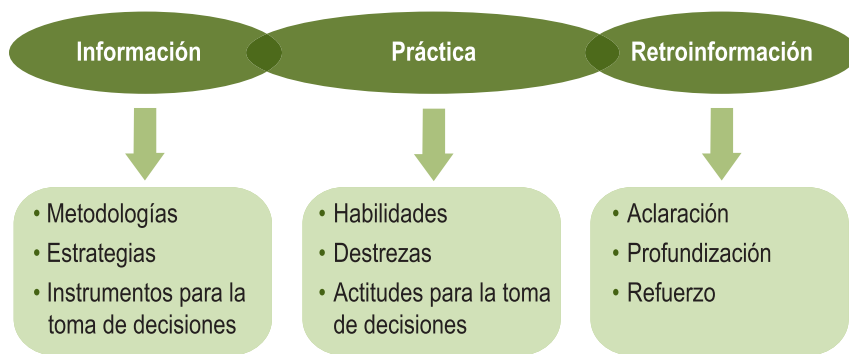
La guía se desarrolla con base en dos componentes: uno teórico y de fundamentación, que busca reforzar y refrescar los conocimientos de los participantes para aumentar el grado de acertividad en las decisiones que se van a tomar con respecto al programa de manejo nutricional. Un componente práctico de campo, que busca apropiar el conocimiento en aspectos básicos para la formulación adecuada del programa de nutrición y un componente de ejecución de cálculos que busca demostrar de manera práctica la forma como se desarrollan los procesos que al final darán las cifras en cuanto a necesidades de aplicación de nutrientes.

La guía está dirigida a profesionales de la agronomía que quieran profundizar en el manejo nutricional de la palma de aceite. Además, es una herramienta que facilita el proceso de enseñanza para personas interesadas en el conocimiento del tema.

Los espacios físicos, los formatos así como los datos o ejemplos pertinentes son base del éxito de la utilización de la guía y por tanto deben garantizarse al momento de su utilización.

Con la retroalimentación permanente y la opinión de los participantes beneficiarios de esta guía será posible mejorarla y apuntar a la exitosa recomendación del manejo nutricional del cultivo en aras de la productividad.

Modelo de aprendizaje



La serie de guías para la formación de facilitadores sobre Tecnologías para la Agroindustria de la Palma de Aceite, está basada en un modelo didáctico fundamentado en el aprendizaje a través de la práctica. Este modelo propone a los usuarios inmediatos de estas guías -capacitadores y multiplicadores- un esquema de capacitación en el que los insumos de información resultantes de la investigación en campo sirven de materia prima para el desarrollo de habilidades, destrezas y actitudes requeridas por los usuarios finales para la toma de decisiones acertadas y relacionadas con la agroindustria de la palma de aceite.

Al producir estas guías, Cenipalma está interesado en ayudar a sus usuarios a poner en práctica un enfoque que no sólo se ocupe de “comunicar bien”, sino también de crear las condiciones y usar las herramientas necesarias para que los beneficiarios de la capacitación o de las actividades de asistencia técnica tengan la oportunidad de ejercitarse en la construcción del conocimiento a partir de sus propias experiencias y saberes.

Estas guías están dirigidas a todos aquellos que tienen responsabilidades como capacitadores, maestros, tutores y facilitadores interesados en el aprendizaje de

sus alumnos, mediante la elaboración y utilización de materiales que tengan el enfoque de Gestión de Conocimientos.

Los usuarios de estas guías observarán que sus componentes metodológicos se diferencian de otros materiales de divulgación de tecnologías. Cada una de las secciones en que se dividen las guías contiene elementos de diseño que le facilitan al capacitador ejercer su labor de facilitador del aprendizaje.

Las guías están orientadas por un conjunto de objetivos que le sirven al instructor y al participante para dirigir los esfuerzos de aprendizaje. Éste se lleva a cabo a través de ejercicios en el campo o en otros escenarios reales, en los que se practican los procesos de análisis y toma de decisiones, usando para ello recorridos por plantaciones y plantas de beneficio, simulaciones, dramatizaciones y aplicación de diferentes instrumentos de recolección y análisis de información.

Otros componentes incluyen las secciones de información de retorno, en las cuales los participantes en la capacitación, junto con los instructores, tienen la oportunidad de revisar las prácticas realizadas y profundizar en los aspectos que deben ser reforzados. La información de retorno constituye la parte final de

cada una de las secciones de la guía y es el espacio preferencial para que el instructor y los participantes lleven a cabo la síntesis conceptual y metodológica de cada aspecto estudiado.

En resumen, el modelo consta de tres elementos:

- 1) La información técnica y estratégica, producto de la investigación realizada por Cenipalma y sus colaboradores, constituye el contenido tecnológico necesario para la toma de decisiones en el manejo de tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite.
- 2) La práctica, que toma la forma de ejercicios en el sitio de entrenamiento y de actividades de campo y que está dirigida al desarrollo de habilidades, destrezas y actitudes para la toma de decisiones.
- 3) La información de retorno, que es un tipo de evaluación formativa que asegura el aprendizaje y la aplicación adecuada de los principios subyacentes en la teoría que se ofrece.

Las prácticas son el eje central del aprendizaje y simulan la realidad que viven quienes utilizan estos instrumentos presentados en cada guía. Mediante los ejercicios, los participantes en la capacitación experimentan el uso de los instrumentos, las dificultades que a nivel local surgen de su aplicación, y las ventajas y oportunidades que representa su introducción en los distintos ambientes de toma de decisiones.

Los ejercicios que se incluyen en la guías fueron extractados de las experiencias encontradas en cada zona palmera por los investigadores de Cenipalma. Sin embargo, los instructores de las regiones podrán extraer de sus propias experiencias de campo excelentes ejemplos y casos con los cuales pueden reconstruir las prácticas y adaptarlas al contexto de su localidad. Cada instructor tiene en sus manos guías que son instrumentos de trabajo flexibles que pueden adaptar a las necesidades de distintas audiencias en diferentes escenarios.

Usos y adaptaciones

Es importante que los usuarios (instructores y multiplicadores) de estas guías conozcan el papel funcional que brinda su estructura didáctica, para que la utilicen en beneficio de los usuarios finales. Son ellos quienes van a tomar las decisiones de introducir los instrumentos presentados, en los procesos de la agroindustria de la palma de aceite en cada región palmera.

Por ello, se hace énfasis en el empleo de los flujogramas por parte de los instructores, a quienes les sirven para presentar las distintas secciones; las preguntas orientadoras, que les permite establecer un diálogo y promover la motivación de la audiencia antes de profundizar en la teoría; los originales para las transparencias, los cuales pueden ajustarse a diferentes necesidades, introduciendo ajustes en su presentación; los anexos citados en el texto, que ayudan a profundizar aspectos tratados brevemente dentro de cada sección; los ejercicios y las prácticas sugeridos, los cuales, como se dijo antes, pueden ser adaptados o reemplazados por prácticas sobre problemas relevantes de la audiencia local; las secciones de información de retorno, en las cuales también es posible incluir datos locales, regionales o nacionales que hagan más relevante la concreción de los temas, y los anexos didácticos (postest, evaluación del instructor, del evento y del material, entre otros), que ayudan a complementar las actividades de capacitación.

Finalmente, se quiere dejar una idea central con respecto al modelo de capacitación que siguen las guías: si lo más importante en el aprendizaje es la práctica, la capacitación debe disponer del tiempo necesario para que quienes acuden a ella tengan la oportunidad de desarrollar las habilidades, destrezas y actitudes que reflejen los objetivos del aprendizaje. Solo así es posible esperar que la capacitación tenga el impacto esperado en quienes toman las decisiones.

Autoevaluación - Pretest - Exploración inicial

Instrucciones

Con la autoevaluación se pretende tener una idea aproximada del conocimiento del tema, sin que esto sea estrictamente una prueba.

Se trata de preguntas abiertas, exploratorias, que deben responderse de forma sencilla y sin traumas.

Preguntas

1. ¿Sabe cuáles son los nutrientes más importantes para la producción de palma de aceite?
2. ¿Para usted qué significa el concepto Índice de balance?
3. ¿Por qué es importante efectuar nivelación de nutrientes en el suelo y en el tejido foliar?
4. Mencione tres nutrientes requeridos en grandes cantidades para la producción de palma de aceite.
5. Indique algunos de los factores que influyen en la eficiencia de los fertilizantes.
6. ¿Por qué es importante tener en cuenta el costo de las fuentes fertilizantes al momento de realizar el programa de manejo nutricional?
7. Describa algunos de los métodos que conoce para la aplicación de fertilizantes en el cultivo de la palma de aceite.
8. Cite algunos de los síntomas foliares similares a deficiencias nutricionales en palma de aceite.
9. ¿Cuáles son las deficiencias foliares observadas comúnmente en palma de aceite?
10. ¿Por qué es importante reformular o rediseñar un programa de nutrición en palma de aceite?

Autoevaluación - Información de retorno

Instrucciones

En este punto no se trata de buscar quiénes respondieron acertadamente o no. Se trata de que todos los participantes tengan claridad sobre la temática que se va a tratar y partiendo de unas preguntas clave puedan tener idea de los alcances de la capacitación.

Las preguntas ya resueltas se van proyectando una por una y se escuchan comentarios sobre ellas mismas y se aclaran dudas, en caso de ser necesario.

Pregunta 1:

¿Sabe cuáles son los nutrientes más importantes para la producción de palma de aceite?

Respuesta:

En general, alrededor de 11 nutrientes son esenciales para la producción de palma de aceite. Todos son importantes porque la falta de uno de ellos, así su requerimiento sea bajo, se convierte en una limitante de la producción. Los nutrientes que más necesita el cultivo son, en su orden: potasio, nitrógeno, magnesio, calcio, fósforo, azufre y boro, entre otros.

Pregunta 2:

¿Para usted qué significa el concepto Índice de balance?

Respuesta:

El índice de balance es una expresión que define la relación existente entre el nivel crítico de un nutriente y su concentración real en el suelo o en el tejido foliar. Este índice se expresa en términos de porcentaje y lo ideal es que la relación esté siempre

cercana al 100%: si está por debajo de este porcentaje indica que el nutriente está en situación de deficiencia y por encima, que el nutriente se encuentra en exceso. Al tratarse de una relación porcentual, una ventaja de utilizar este índice es que es posible representar en una misma gráfica diversos nutrientes, así estos se expresen en unidades diferentes.

Pregunta 3:

¿Por qué es importante efectuar la nivelación de nutrientes en el suelo y en el tejido foliar?

Respuesta:

El término nivelación de nutrientes hace referencia a la necesidad de mantener en niveles óptimos la concentración de nutrientes tanto en el suelo como en el tejido foliar de acuerdo con niveles críticos teóricos. En este sentido, dado que tanto los excesos como las deficiencias de un nutriente en particular pueden llegar a afectar el normal funcionamiento de otro u otros nutrientes, es necesario tratar de que todos se encuentren en niveles óptimos para procurar que se den los sinergismos que optimizan el potencial productivo.

Pregunta 4:

Mencione tres nutrientes requeridos en grandes cantidades para la producción de palma de aceite.

Respuesta:

Los nutrientes extraídos en mayores cantidades por la palma de aceite son: el potasio, el nitrógeno, el fósforo, el magnesio y el calcio. En términos generales las plantas que producen aceite (oleaginosas) requieren altas cantidades de potasio, y en el caso de la palma, el gran volumen de biomasa producido en los racimos cosechados demanda considerables proporciones de nitrógeno. El fósforo actúa en los procesos de transformación de carbohidratos en lípidos, así como el magnesio.

Pregunta 5:

Indique algunos de los factores que influyen en la eficiencia de los fertilizantes.

Respuesta:

Los factores que influyen en la eficiencia de la ferti-

lización son: el sistema de aplicación, las precipitaciones, la disponibilidad de agua en el suelo, el contenido de materia orgánica y la acidez de los suelos, entre otros.

En términos generales, hay que partir del hecho de que el cultivo no toma el ciento por ciento del fertilizante aplicado. En el caso de la palma el nutriente más eficiente es el potasio.

Pregunta 6:

¿Por qué es importante tener en cuenta el costo de las fuentes fertilizantes al momento de realizar el programa de manejo nutricional?

Respuesta:

Los costos del programa nutricional en la producción de palma de aceite pueden variar entre un 30 y un 40%. Teniendo en cuenta lo anterior es pertinente buscar fuentes que disminuyan estos costos, pero sin perder de vista su eficiencia potencial porque finalmente el criterio agronómico aplicado de manera acertada, redundará indudablemente en beneficio económico.

Pregunta 7:

Describa algunos de los métodos que conoce para la aplicación de fertilizantes en el cultivo de la palma de aceite.

Respuesta:

Los métodos más conocidos de aplicación de fertilizantes son: manual, mecánico y semimecánico. En el primer sistema prima la utilización de la mano del hombre. Tiene una ventaja y es que se puede dirigir de manera efectiva, pero es generalmente bastante costoso y de bajo rendimiento.

Con el sistema mecánico se utilizan generalmente máquinas voleadoras encargadas de esparcir el fertilizante. Tiene un alto rendimiento, pero la eficiencia de la fertilización es baja cuando se utiliza en cultivos jóvenes o enmalezados.

El sistema semimecánico combina las ventajas de los dos anteriores y, según estudios de Cenipalma, resulta ser uno de los más eficientes y recomendados.

Pregunta 8:

Cite algunos de los síntomas foliares similares a deficiencias nutricionales en la palma de aceite.

Respuesta:

Algunos síntomas foliares pueden confundirse con deficiencias nutricionales, como en el caso de las raspaduras ocasionadas por ácaros, de color naranja, similares a las deficiencias de potasio. La diferencia clara entre estos dos síntomas es que las manchas de potasio son traslúcidas, mientras que las de los ácaros son de aspecto grasoso.

Por otra parte, la clorosis y los secamientos ocasionados por las altas temperaturas y la alta radiación solar, en época de verano, pueden confundirse con deficiencias de magnesio, que aparecen de manera uniforme desde las hojas bajas hasta las más nuevas, mientras que en el caso del llamado golpe de sol, se presenta en las hojas expuestas al sol.

Pregunta 9:

¿Cuáles son las deficiencias foliares observadas comúnmente en la palma de aceite?

Respuesta:

En palma de aceite las deficiencias nutricionales comúnmente observadas son las relacionadas con el magnesio, el potasio, el nitrógeno y el boro. Esto se debe a que el cultivo los necesita todos, en altas cantidades y gran parte de los suelos donde este se ha establecido presenta bajos contenidos de estos nutrientes. Por eso, cuando el aporte de estos elementos no es oportuno o eficiente, aparecen los síntomas.

Pregunta 10:

¿Por qué es importante reformular o rediseñar un programa de nutrición en palma de aceite?

Respuesta:

Es importante debido a que se trata de proporcionar a cada palma la cantidad adecuada de nutrientes para suplir sus necesidades de crecimiento y producción. Esto sucede porque a lo largo del año se pueden presentar situaciones no esperadas que deben considerarse

para la reformulación del programa, como por ejemplo, el reajuste debido a un nuevo censo de producción, la ocurrencia de eventos de lluvia que hayan ocasionado pérdidas de fertilizantes, síntomas de deficiencias nutricionales, etc.

Exploración de expectativas

¿Qué esperan lograr con este evento?

Guía para el capacitador

En primer lugar es conveniente realizar una ronda donde todos los participantes se presenten públicamente, especificando nombre, institución o empresa a la que representan, cargo que ocupan y actividades dentro de la empresa.

Luego, cada uno presenta su expectativa acerca de la capacitación y la motivación para asistir al evento.

De manera simultánea, con ayuda de papelógrafo o video beam, el capacitador resalta cada una de las expectativas expuestas y categoriza las que evidentemente corresponden a los objetivos del evento y las que probablemente se podrían abordar en otros escenarios. Al final del ejercicio se destacan y enfocan las más congruentes con la capacitación.

Con base en la evaluación de entrada (Pretest), y los intereses mencionados se van identificando los líderes de grupo para que colaboren en el desarrollo del evento. Es necesario buscar la combinación de personal con nociones avanzadas y personal con poco conocimiento del tema.

Teniendo en cuenta que para la participación se aconseja un nivel mínimo es prudente tratar de identificar a quienes por múltiples razones no deberían estar en el evento de acuerdo con sus funciones y expectativas.

Objetivos de aprendizaje

- Interpretar los resultados de análisis de muestras foliares y de suelos con base en los niveles críticos de nutrientes aplicables al cultivo de la palma de aceite, utilizando las hojas de cálculo diseñadas para este fin.

- Identificar las principales limitantes en la nutrición del cultivo con base en la representación gráfica de los Índices de balance aplicados al cultivo.
- Ejecutar los procedimientos de cálculo para determinar las cantidades de nutrientes que se deben reponer por concepto de nivelación de nutrientes, utilizando los registros de análisis de tejido foliar y de suelos y los de materia seca del cultivo.
- Calcular las cantidades de fertilizantes que se van a emplear de acuerdo con las cantidades de nutrientes extraídos por cosecha esperada, utilizando los registros de censos de producción, extracción teórica de nutrientes y comportamiento histórico de la producción.
- Seleccionar las diferentes fuentes fertilizantes que se van a utilizar en los programas de nutrición, relacionando para cada caso las características del suelo y de la planta y la eficiencia de esas fuentes para las condiciones propias de la UMA o plantación.
- Analizar las diferentes posibilidades para definir la correcta aplicación de fuentes fertilizantes, teniendo en cuenta la oportunidad de la aplicación y su prioridad en el cultivo según las prioridades nutricionales.
- Contrastar las variables que inciden en la aparición de síntomas nutricionales en campo y las diferencias de síntomas similares relacionados con otras anomalías mediante la revisión de la información bibliográfica existente y la experiencia en plantaciones.
- Identificar los síntomas asociados a las principales deficiencias nutricionales en el cultivo mediante la consulta de información bibliográfica existente y por medio de recorridos de identificación directa en campo.
- Correlacionar variables de producción, resultados de análisis foliares y de suelos, cálculos de eficiencia y observaciones de campo para redefinir el programa anual de nutrición del cultivo.

Explicación de la estructura

La estructura presenta dos elementos centrales e interdependientes: el diseño del programa de manejo nutricional y el seguimiento que se le hace conforme a las necesidades del cultivo.

El diseño del programa arranca con la identificación de limitantes nutricionales y con el cálculo de Índices de balances en suelo y en tejido foliar, como primer insumo para identificar el estado nutricional actual del cultivo. El paso siguiente es el recuento de los nutrientes que se deben reponer por concepto de nivelación foliar y edáfica mediante la observación del peso seco foliar del cultivo, la masa de suelo por modificar y los resultados recientes de análisis foliares y de suelos.

En tercera medida se deben estimar las cantidades de nutrientes por reponer en concordancia con sus requerimientos teóricos y con las expectativas reales de producción, provenientes de la ejecución de censos de producción.

El cuarto paso es la elección de fuentes fertilizantes por aplicar acorde con el estado nutricional y edáfico del cultivo y la disponibilidad de fuentes en el mercado.

Una vez seleccionadas las fuentes fertilizantes se procede a calcular las cantidades totales de nutrientes que se van a aplicar, sumando nivelación foliar, nivelación edáfica, reposición de nutrientes por extracción y eficiencia estimada para cada una de las fuentes. En este punto se considera que el programa de nutrición ha sido elaborado.

Posteriormente, es necesario realizar el seguimiento al programa de nutrición mediante la observación y evaluación de deficiencias foliares en campo.

Con lo observado en el campo y los resultados de análisis de muestras foliares y de suelos se procede a rediseñar el programa de manejo nutricional que debe estar ligado con la recomendación realizada a principios de año.

Estructura de aprendizaje





Unidad de aprendizaje 1

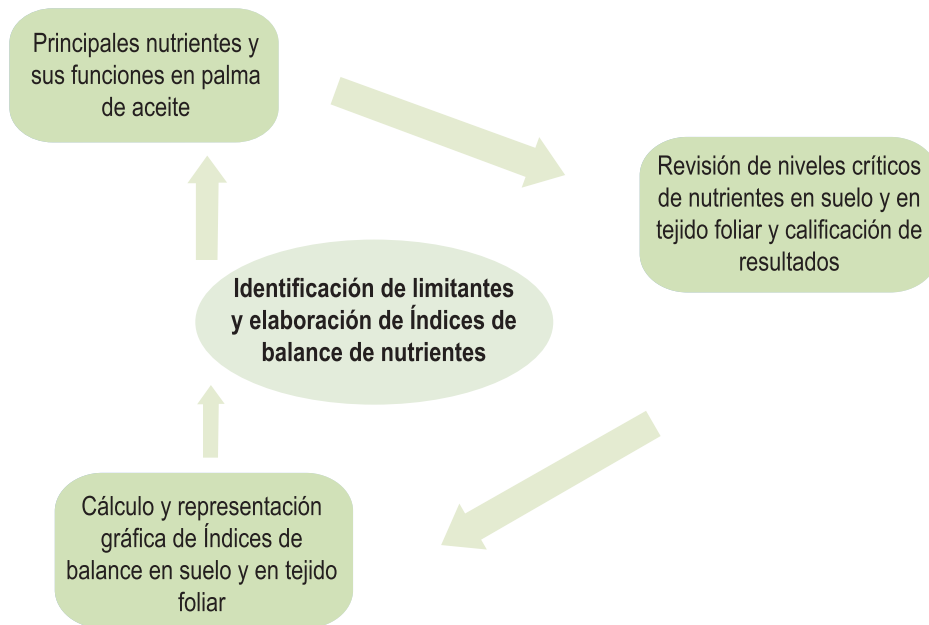
Identificación de limitantes y cálculo de índices de balance nutricional

Presentación de la estructura de esta unidad	27
Breve explicación de la estructura de la unidad	27
Preguntas orientadoras	28
Objetivos de esta unidad	28
Introducción	28
Desarrollo del contenido	28
Principales nutrientes y sus funciones en el cultivo de la palma de aceite	28
Revisión de niveles críticos de nutrientes en suelo y en tejido foliar, y calificación de resultados	36
Cálculo y representación gráfica de los Índices de balance en suelo y tejido foliar	37
Ejercicio y/o práctica 1.1.	
Correlación entre nutrientes y su función en el cultivo de la palma de aceite ...	37
Ejercicio y/o práctica 1.2.	
Calificación de resultados de análisis de tejido foliar, de suelos y cálculos secundarios	39
Ejercicio y/o práctica 1.3.	
Cálculo y representación gráfica de Índices de balance nutricional en suelos y en tejido foliar	43
Referencias bibliográficas	46



Figura 1. Palma de aceite con síntomas asociados a deficiencias de magnesio.

Presentación de la estructura de esta unidad



Breve explicación de la estructura de la unidad

La identificación de limitantes y la elaboración de Índices de balances de nutrientes empieza con la revisión de los nutrientes más importantes para el cultivo y las funciones que desarrollan en la palma. Con esto se busca dar orientación sobre la relevancia de cada uno de ellos para los diferentes estados de desarrollo del cultivo.

Como segundo paso es necesario analizar el concepto de nivel crítico y de los niveles críticos aplicables al cultivo, tanto en el suelo como en el tejido foliar, dependiendo de su edad. De esta manera se pretende introducir el concepto de niveles bajo, medio, óptimo y excesivo de nutrientes en suelo y en tejido foliar.

En tercer lugar se procede a la calificación de cada uno de los parámetros edáficos y de tejido foliar y se

priorizan los que se encuentren tanto en niveles deficientes como excesivos. El producto de este trabajo constituye una parte del informe de identificación de limitantes.

En cuarto lugar es necesario calcular los Índices de balance de nutrientes y su correspondiente representación gráfica. Con esto se busca visualizar, de manera conjunta, los resultados de análisis de tejido foliar y de suelos y encontrar posibles relaciones entre lo registrado en el suelo y la correspondencia con el tejido foliar.

Finalmente, el resultado se debe consignar en un informe donde se consolida tanto la identificación de los limitantes nutricionales como la representación gráfica de los Índices de balance en suelo y en tejido foliar.

El resultado de esta sección es el insumo principal para tomar decisiones sobre épocas, prioridad y

mecanismos de aplicación de las fuentes fertilizantes escogidas.

Preguntas orientadoras

1. ¿Por qué es importante nutrir adecuadamente el cultivo de la palma de aceite?
2. ¿Qué tan importante es el tema del manejo nutricional dentro de los costos de producción del cultivo?
3. ¿Qué implicaciones trae para el cultivo la presencia de nutrientes en exceso o en defecto?
4. ¿Por qué es importante tener niveles críticos de referencia para el manejo nutricional del cultivo?
5. ¿Cuál es la importancia de representar de manera gráfica los Índices de balance en suelo y en tejido foliar?

Objetivos de esta unidad

- Interpretar los resultados de análisis de muestras foliares y de suelos con base en los niveles críticos de nutrientes aplicables al cultivo de la palma de aceite, utilizando las hojas de cálculo diseñadas para este fin.
- Identificar las principales limitantes en la nutrición del cultivo con base en la representación gráfica de Índices de balance aplicados al cultivo.

Introducción

En esta sección se profundizará en el conocimiento de los principales nutrientes requeridos por el cultivo de la palma de aceite y la identificación de limitantes nutricionales para un caso tomado como ejemplo.

Con lo anterior se busca iniciar el diseño de un programa de manejo nutricional para palma de aceite, usando como base el reforzamiento de conceptos sobre nutrición y niveles críticos para los participantes en la actividad de capacitación.

Los subtemas que se tratarán son: funciones de los nutrientes en palma de aceite, identificación de limitantes nutricionales en suelo y en tejido foliar, y cálculos de Índices de balance, calificación de parámetros

nutricionales y al final se presentará un informe con la identificación de los limitantes nutricionales del cultivo como insumo base para la orientación del programa de manejo nutricional.

La sección inicia con referencias teóricas y termina con un ejercicio práctico sobre la metodología expuesta.

Desarrollo del contenido

Principales nutrientes y sus funciones en el cultivo de la palma de aceite

Nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, boro, hierro, cobre, manganeso y zinc.

Macronutrientes

Existen seis elementos a saber: N, Ca, K, S, P y Mg, requeridos por las plantas en grandes concentraciones, denominados macroelementos.

El nitrógeno

Las plantas obtienen el nitrógeno principalmente del suelo, donde se encuentra bajo la forma orgánica, no disponible inmediatamente para la planta, sino después de un proceso de mineralización catalizada por los microorganismos del suelo, que proceden en la siguiente dirección: nitrógeno orgánico - amonio nítrico - nítrito - nítrato.

La cantidad de nitrógeno en los suelos minerales es bastante pequeña: varía desde trazas hasta 0,5% en los suelos superficiales y disminuye con la profundidad. También depende del tipo de suelo, de la temperatura y de la pluviosidad. El clima juega un papel dominante en la determinación del estado de nitrógeno de los suelos. En regiones de condiciones de humedad uniforme y vegetación comparable, el contenido promedio de nitrógeno y de materia orgánica del suelo decrece exponencialmente a medida que aumenta la temperatura anual.

El nitrógeno disponible en el suelo se encuentra principalmente como nítrato (NO_3^-). El nitrógeno absorbido como NO_3^- es rápidamente reducido a ión

nitrito NO_2^- mediante la acción de la enzima nitrato reductasa que contiene molibdeno (Mo). La transformación del nitrato a ión amonio NH_4^+ es catalizada por la enzima nitrito reductasa.

La principal diferencia entre el nitrógeno en forma de NO_3^- y NH_4^+ es que todo el nitrato del suelo se encuentra disuelto en la solución del suelo; mientras que si el suelo contiene mucha arcilla y humus, gran parte del ión NH_4^+ , se encuentra como catión intercambiable y no en solución. Quizás por esta razón un fertilizante en forma de nitrato actúa mucho más rápido que uno en forma de amonio.

El nitrógeno, ya sea absorbido del suelo o fijado del aire, se incorpora a la planta en forma de aminoácidos, primeramente en hojas verdes. A medida que aumenta el suministro de nitrógeno, las proteínas sintetizadas a partir de los aminoácidos, se transforman en crecimiento de las hojas que aumentan la superficie fotosintética. Se ha encontrado una relación directa entre la cantidad de nitrógeno suministrado y el área foliar disponible para la fotosíntesis. Este efecto se evidencia en el aumento de la síntesis proteica y del protoplasma.

El calcio

El calcio Ca^{2+} es acumulado por las plantas, especialmente en las hojas, donde se deposita de manera irreversible. Es un elemento esencial para el crecimiento de meristemas y particularmente para el crecimiento y funcionamiento apropiado de los ápices radicales. La fracción principal de este Ca^{2+} está en las paredes celulares o en las vacuolas y organelos como sales de ácidos orgánicos, fosfato o fitato y puede ser especialmente alta en plantas sintetizadoras de oxalato. El oxalato de calcio es un producto insoluble que se deposita en la vacuola y constituye, quizás, una función antitóxica. El calcio es un componente de la lámina media de la célula, donde cumple una función cementante como pectato cálcico.

El Ca^{2+} tiene la función de impedir daños a la membrana celular, evitar el escape de sustancias intracelulares y cumplir un papel estructural al mantener la integridad de la membrana.

El potasio

El potasio es uno de los elementos esenciales en la nutrición de la planta. Se encuentra en pequeñas cantidades en los suelos, lo que limita el rendimiento de los cultivos.

Para la conformación activa de muchas enzimas que participan en el metabolismo, así como para neutralizar los aniones solubles y macromoleculares del citoplasma, que tiene pocos cationes orgánicos, se requieren altas concentraciones de potasio. De esta manera y en forma abundante el K^+ contribuye con el potencial osmótico. El transporte de potasio puede efectuarse por medio de una ATPasa de la membrana celular, activada por Mg^{2+} . El ión K^+ parece estar implicado en varias funciones fisiológicas como transporte en el floema, turgencia de las células guardianes de los estomas, movimientos foliares (nastias) de los pulvínulos y crecimiento celular. Así, las necesidades nutricionales de K^+ se centran en cuatro roles bioquímicos y fisiológicos a saber: activación enzimática, procesos de transporte por medio de membranas, neutralización aniónica y potencial osmótico.

El potasio actúa como un cofactor o activador de muchas enzimas del metabolismo de carbohidratos y proteínas. Una de las más importantes, la piruvatoquinasa, es una enzima principal de la glucólisis y la respiración. Los iones K^+ son también importantes en la fijación del RNAm a los ribosomas. En la célula el potasio no se introduce en compuestos orgánicos. Los tres elementos cuya disponibilidad en el suelo pueden limitar el crecimiento de las plantas son: nitrógeno, fósforo y potasio.

El potasio es absorbido por las plantas como ión K^+

El fósforo

El fósforo, secundario al nitrógeno, es el elemento más limitante en los suelos. Se encuentra en la planta como un componente de carbohidratos activados. Ácidos nucleicos, fosfolípidos que forman parte de las fosfoproteínas. El papel central del fósforo es la transferencia de energía. La presencia de fósforo en la estructura molecular de los azúcares, los hace más reactivos. En

la transferencia de energía por fosforilación juegan un papel importante los nucleótidos altamente reactivos.

El fósforo, como ortofosfato PO_4^{3-} , participa en un gran número de reacciones enzimáticas que dependen de la fosforilación. Posiblemente por esta razón es un constituyente del núcleo y es esencial para la división celular y el desarrollo de tejidos meristemáticos. El fósforo se acumula principalmente en las regiones meristemáticas del tallo y de la raíz, donde las células en división activa pueden tener varios cientos a miles de veces más fósforo que las células que han dejado de dividirse. Un aspecto de suma importancia en el crecimiento de las plantas es la función de las asociaciones con micorrizas del tipo *Vesicular-Arbuscular* (VA), en la absorción de fósforo. Se ha observado que en suelos con bajos contenidos de fósforo disponible, las plantas con micorrizas tienen mayores tasas de crecimiento que las plantas sin ellas. Las micorrizas parecen modificar las propiedades de absorción por el sistema radical por medio de:

a) El desarrollo de hifas en el suelo provenientes de las raíces; b) La absorción de fósforo por las hifas; c) La translocación de fosfato a grandes distancias por las hifas, y d) La transferencia de fosfato desde el hongo a las células de la raíz. Al mejorar su alimentación con fosfatos las plantas con micorrizas, incrementan la absorción de otros macronutrientes, como K y S y de los micronutrientes Cu y Zn.

El magnesio

El magnesio se encuentra presente en el suelo bajo las formas no-intercambiable y soluble en agua. En la primera forma se halla principalmente en los minerales primarios y secundarios, biotita, augita, hornablanda, olivina, serpentina, clorita, montmorillonita, illita, vermiculita, y en los carbonatos minerales dolomita $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$, magnesita MgCO_3 y sal de Epsom $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. En las regiones áridas y semiáridas predominan la dolomita, la magnesita y la sal de Epsom. Una pequeña parte de Mg se asocia con la materia orgánica del suelo. El contenido de magnesio total en los suelos no calcáreos varía entre 0,1 y 1%.

El contenido total de magnesio en un suelo no indica, necesariamente, su disponibilidad; este depende de la capacidad de intercambio de los coloides del suelo y de la naturaleza de los iones complementarios. Las pérdidas de magnesio del suelo son, en general, menores que las de calcio.

Las concentraciones de Mg^{2+} en tejidos vegetales son variables, pero más bien altas. Más del 70% del magnesio se difunde libremente en la solución celular, aunque puede estar asociado a componentes cargados negativamente, como proteínas y nucleótidos por medio de enlaces iónicos. Gran parte del magnesio está probablemente enlazada con polifosfatos como el Mg-ATP.

La propiedad más importante del Mg^{2+} es su solubilidad. Su abundancia sugiere una multiplicidad de funciones, principalmente como activador de reacciones enzimáticas.

El magnesio juega un papel estructural como componente de la molécula de clorofila. Es requerido para mantener la integridad de los ribosomas y, sin duda, contribuye a conservar la estabilidad estructural de los ácidos nucleicos y de las membranas. Puede activar la enzima adhiriéndose fuera del sitio de unión al sustrato. Existen evidencias de que los flujos de Mg^{2+} pueden servir para regular la actividad enzimática, como ocurre con el aumento en la fijación de CO_2 por los cloroplastos, activada por la luz.

El magnesio se absorbe por las raíces de las plantas en la forma de Mg^{2+} .

El azufre

El azufre, en la forma de sulfuros, sulfatos y azufre elemental, constituye aproximadamente el 0,06% de la corteza terrestre. El nativo o libre se encuentra principalmente en depósitos volcánicos sedimentarios. Está presente en los suelos bajo dos formas: inorgánicas y orgánicas. En suelos húmedos se presenta principalmente como piritita (FeS_2); blenda (Zn S); las piritas de cobre o calcopiritita ($\text{S}_2 \text{ Fe Cu}$); cobaltina (Co As S); varias cantidades de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y sal de Epsom $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

En la solución del suelo el azufre está presente como ión sulfato. Los suelos de las regiones húmedas contienen 50-500 ppm de sulfato soluble en agua o ácidos débiles. El azufre total en esos suelos varía entre 0,01 y 0,15%. En los de regiones áridas o semiáridas gran parte del azufre total está presente como sulfato soluble de calcio, magnesio, potasio y sodio. En suelos de invernadero la acumulación de sulfato puede ocasionar daños a la raíz y retardo en el crecimiento de las plantas.

Este elemento se halla bajo las formas orgánicas de los aminoácidos, cisteína, cistina y metionina, así como en compuestos de azufre activados análogos al ATP, adenosina 5'-fosfosulfato (APS) y 3'-fosfoadenosina 5'-fosfosulfato (PAPS). Además, se encuentra en una variedad de ésteres de sulfato, como el sulfato de colina, glucósidos del aceite de mostaza y sulfatos de polisacáridos. También participa como un ligando en un gran número de enzimas y metalo-proteínas, de forma resaltante en ferro-sulfo-proteínas y en cupro-proteínas.

El silicio

El silicio se deposita en forma irregular en las paredes celulares y contribuye a sus propiedades mecánicas como la rigidez y la elasticidad. Es requerido solamente por miembros de la familia *Equisetáceas* para completar su ciclo de vida. Sin embargo, muchas especies acumulan concentraciones apreciables de sílice en sus tejidos y mejoran su crecimiento y fertilidad cuando se les suministran cantidades adecuadas de este elemento. En las gramíneas, no solamente se deposita en la pared celular de la epidermis, pelos, brácteas, etc., sino en el interior, como sucede en las células buliformes y en el xilema. El silicio es depositado como sílica hidratada amorfa. Primeramente en el retículo endoplasmático, pared celular y en los espacios intercelulares. Intracelularmente se acumula en células epidérmicas especializadas llamadas células síliceas. Así mismo, forma complejos con polifenoles que refuerzan la pared celular. Algunas algas como las diatomeas contienen estructuras síliceas en sus frústulos, por lo que el elemento se considera esencial para ellas. De igual forma, es vital en la caña de azúcar, el tomate y el pepino.

Síntomas de deficiencia. Las plantas deficientes en silicio son quebradizas y susceptibles de infecciones fúngicas. El silicio puede disminuir la toxicidad por metales pesados.

Adicionalmente, aumenta la resistencia del arroz al ataque de hongos y aumenta el rendimiento del cultivo. Así mismo, disminuye la toxicidad por hierro y manganeso en este cultivo.

Micronutrientes (Oligoelementos)

Para su nutrición las plantas utilizan pequeñas cantidades de microelementos, oligoelementos o elementos trazas. En la Tabla 1 se presenta la concentración en miligramos por 100 gramos de materia seca de estos nueve (9) microelementos: boro, cloro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, níquel, zinc y sodio. Los vegetales los requieren en partes muy pequeñas que oscilan entre 0,01 y 0,5 ppm. Los micronutrientes tienen varias propiedades en común: actúan como activadores de muchas enzimas esenciales para la vida animal y vegetal, aunque cuando están presentes en cantidades elevadas en las soluciones nutritivas o del suelo, producen toxicidad.

Comúnmente no se aplican al suelo mediante el uso de fertilizantes comerciales, a pesar de que se han extraído durante muchos siglos y no ha habido ninguna reposición sistemática. Esto ha ocasionado una merma significativa de sus existencias, con el subsiguiente efecto sobre la productividad vegetal. Así mismo, la utilización de fertilizantes químicos, que estimulan un mayor rendimiento de los cultivos, junto a la pérdida de oligoelementos por meteorización, lixiviación, el uso cada vez menor de estiércol animal y de otros productos fertilizantes naturales, en comparación con el uso de fertilizantes químicos, cada vez más puros, entre otros, está contribuyendo al agotamiento acelerado de las reservas de oligoelementos en los suelos.

El boro

El contenido de boro en la corteza terrestre es de 0,001%, se presenta combinado como bórax $B_4O_7 \cdot Na_2$. En el suelo el mineral más importante que lo contiene es la turmalina, que tiene 3-4% B, es in-

Tabla 1. Calificación de niveles críticos en el suelo, aplicables al cultivo de la palma de aceite

Parámetro	Unidad	Bajo	Medio	Alto
pH		<4,5	4,5 - 6,0	>6,0
M.O.	%	<2,0	2,0 - 4,0	>4,0
N TOTAL	%	<0,1	0,1 - 0,2	>0,2
C.E.	ds/m	<2,0	2,0 - 4,0	>4,0
C.I.C.	meq / 100 gm	<10	10,0 - 20,0	>20
K	meq / 100 gm	<0,2	0,2 - 0,4	>0,4
B	Ppm	<0,25	0,25 - 0,50	>0,5
P - BII	Ppm	<15	15 - 20	>20
Fe	ppm	<15	15 - 30	>30
Cu	ppm	<0,5	0,5 - 1,5	>1,5
Mn	ppm	<5,0	5,0 - 10	>10
Zn	ppm	<1,0	1,0 - 2,0	>2,0
S	ppm	<10	10,0 - 15	>15
Sat. Al intercamb.	%	<25	25 - 50	>50
Sat. K	%	<3,0	3,0 - 6,0	>6,0
Sat. Mg	%	<10	10,0 - 20	>20
Sat. Ca	%	<20	20 - 40	>40
Sat. Na	%	<10	10,0 - 15	>15
Ca:Mg:K		2 : 1 : 0,3	Adecuado	

soluble y se meteoriza lentamente. Se encuentra también en rocas ígneas, fuente principal de boro en los suelos. El agua de mar contiene como promedio 4 a 6 ppm, en consecuencia, los depósitos marinos son relativamente ricos en B. El contenido total de B en los suelos es variable, pudiendo estar entre 3 y 100 ppm. El promedio está entre 10 y 20 ppm. En general los suelos costeros contienen de 10 a 50 veces más boro que los suelos del interior, probablemente debido a su origen marino.

En regiones áridas, la concentración de boro alcanza niveles muy altos, del orden de 1.000 ppm, lo que puede ocasionar problemas de toxicidad para las plantas. Las aguas de riego con cantidades mayores de 2 ppm son indeseables, porque también producen toxicidad. La absorción de boro por las plantas se reduce cuando aumenta el pH del suelo por encalado, porque se eleva la adsorción del elemento. A medida que el

pH se hace más ácido los procesos de adsorción disminuyen: así aumenta la disponibilidad de B.

El boro disponible para las plantas se encuentra en la solución del suelo como ácido bórico $(BOH)_3$ a pH neutro, y hasta donde se sabe es la forma del nutriente utilizado por la planta.

La cantidad de boro en las plantas se relaciona con el boro removido del suelo, mediante extracción con agua hirviendo. Las cantidades oscilan entre menos de 0,05 ppm a más de 50 ppm. La mayoría de los suelos muestra valores por encima de 3 ppm. El nivel de deficiencia depende de las condiciones de extracción, del pH y del estado de la materia orgánica del suelo. El contenido crítico puede estar en la región de 0,5 ppm en suelos secos al aire.

Características generales: el boro es requerido por las plantas superiores y algunas algas y diatomeas; pero

no es esencial para animales, hongos y microorganismos. Su requerimiento debe estar relacionado con una función particular de las plantas, que no está claramente identificada.

No se conoce enzima o macromolécula estructural que incorpore boro. Inclusive no se sabe cómo es que entra el boro a la planta. Parece ser que la absorción de boro sigue el paso del flujo de agua, lo cual indica que es apoplástico y se localiza en la pared celular o membrana plasmática.

Los requerimientos de boro se han deducido a partir de los efectos observados cuando se elimina el elemento. Las respuestas visibles tempranamente percibidas son la cesación del crecimiento de los meristemas y del tubo polínico. Se han advertido cambios en los componentes de la pared celular. En estudios realizados con meristemas de ápices radicales, se ha encontrado que la síntesis de ADN y de la división celular cesa, sin afectar el alargamiento celular, produciendo hinchamiento del ápice de la raíz.

Se cree que el boro tiene su sitio de acción en la membrana celular. Esto se sustenta en el hecho de que raíces deficientes en boro, recobran después de una hora el transporte iónico asociado al metabolismo al añadirles el elemento. Paralelamente se ha observado la reactivación de la actividad ATPasa estimulada por K^+ .

El boro estaría implicado, junto con el calcio, en el metabolismo de la pared celular. Se ha encontrado que una relación constante entre el calcio y el boro debe ser óptima para el crecimiento vegetal.

El cloro

El cloro comprende cerca de 0,031% de la corteza terrestre. En forma libre ha sido reportado como un constituyente muy pequeño de los gases volcánicos de los cuales el cloruro de hidrógeno es un componente relativamente común. El cloro, en la forma iónica Cl^- , es el principal anión presente en las aguas oceánicas (1,9% en peso) y en los mares interiores como el Caspio, el Muerto y el gran lago salado de Utah. Se hallan pequeñas cantidades de cloro en rocas ígneas, con un valor promedio de 500 ppm. Los principales

minerales portadores de cloro son: cloro apatita, sodalita y scapolita.

Características generales: es un elemento esencial para el desarrollo de las plantas superiores y animales superiores, porque actúa en la producción del ácido clorhídrico necesario para la digestión. El cloruro sódico normalmente se incluye en su dieta para suplir estas necesidades.

El anión cloruro (Cl^-) es absorbido por las plantas de la solución del suelo. Sin embargo, no se ha reportado la pérdida de un cultivo por deficiencia de cloruro. Se ha observado que los cultivos de tabaco y de cebada aumentan su rendimiento al abonar con cloruros.

El ión cloruro es un regulador de la presión osmótica y produce el balance de los cationes en la savia celular de las células vegetales. Una de las funciones del Cl^- es actuar como anión durante los flujos rápidos de K^+ y contribuir al mantenimiento de la turgencia, como en el caso de la distensión de las células guardianes. Por tanto, la pérdida de la turgencia celular es un síntoma de la deficiencia de ión Cl^- .

El ión Cl^- es esencial en el proceso de la liberación de oxígeno por cloroplastos aislados, en el Fotosistema II de la fotosíntesis.

El cinc

El cinc constituye cerca de 65 gramos por cada tonelada de corteza terrestre (0,0065%). La abundancia promedio de cinc en la litosfera es de 8 ppm. Los suelos normales contienen entre 10 y 30 ppm de cinc total, lo que no se correlaciona con su disponibilidad.

Se encuentra en suelos y rocas en la forma divalente Zn^{2+} . El contenido de cinc soluble aumenta al disminuir el pH y viceversa. El carbonato de calcio también reduce fuertemente su disponibilidad. El encajado excesivo produce una deficiencia del elemento. El cinc es adsorbido de una forma intercambiable por los minerales y la materia orgánica del suelo y se puede fijar sobre ciertos minerales como la bentonita, caolinita, moscovita, biotita, arcilla magnética y vermiculita: bajo esa forma no es aprovechable por las plantas. En

la fracción mineral de los suelos el Zn se encuentra principalmente en minerales ferromagnéticos como la biotita, magnetita, hornablenda y sulfuro de cinc (ZnS). Muchos de ellos son meteorizados y el Zn liberado se absorbe probablemente a los coloides, como un catión divalente Zn^{2+} o forma complejos con la materia orgánica.

El cinc es un microelemento esencial que sirve como cofactor enzimático, con muchas funciones, y es esencial para la actividad, regulación y estabilización de la estructura protéica o una combinación de estas.

El hierro

El hierro constituye el 5% de la corteza terrestre, segundo en abundancia después del aluminio entre los metales y cuarto en abundancia detrás del oxígeno y del sílice. El hierro, que constituye el centro de la Tierra, es el elemento más abundante como un todo (cerca del 35%), porque también se encuentra en el sol y en las estrellas.

El hierro en el suelo existe en forma divalente y trivalente. Muchos suelos cultivados tienen un bajo contenido de hierro disuelto en la solución del suelo y adsorbido en forma intercambiable.

En suelos forestales podzólicos se encuentran altas concentraciones de hierro disuelto. En su forma ferrosa Fe^{2+} entra en el complejo de intercambio iónico de los suelos. La forma férrica Fe^{3+} es fuertemente adsorbida por los coloides del suelo, con los que forma complejos con los ácidos húmicos y coloides orgánicos. No obstante, puede ser transportado por el agua. El contenido de hierro férrico Fe^{3+} aumenta con la acidez y alcanza grandes concentraciones solamente en suelos muy ácidos, con pH menores de 3 y en suelos ricos en ácidos húmicos y coloides capaces de formar complejos solubles con hierro. Los suelos bajo condiciones reductoras o anegadas tienen un alto contenido de hierro ferroso Fe^{2+} .

El hierro no intercambiable está presente en varios minerales primarios, como biotita, hornablenda, augita y olivina. Igualmente, se encuentra en cantidades apreciables en los minerales oxidados hidratados

similares a la geotita y la limonita $Fe_2O_3 \cdot n H_2O$, y como sulfuros en las piritas. Igualmente, está presente en complejos orgánicos.

Es un microelemento esencial, forma parte de citocromos, proteínas y participa en reacciones de oxidorreducción. Casi todo el hierro se encuentra en los cloroplastos de las hojas, donde juega un papel importante en la síntesis de proteínas cloroplásticas. También forma parte de una gran cantidad de enzimas respiratorias, como la peroxidasa, catalasa, ferredoxina y citocromo-oxidasa.

Participa en reacciones de oxidorreducción en proteínas con y sin el grupo heme. Las metaloproteínas con hierro participan en reacciones de oxidorreducción como deshidrogenasas y agentes reductores (proteínas Fe-S y ferredoxina), acopladas a reacciones de transferencia de electrones (citocromos del tipo b y c), oxidasas (citocromo-oxidasa), peroxidadas (catalasa y peroxidasa), oxigenasas con y sin heme (citocromo P450, monoxigenasa y dioxigenasa). Aunque sin haber una reacción de oxidorreducción, en la oxigenación reversible de la leghemoglobina (presente en los nódulos de las raíces de leguminosas), participan propiedades de coordinación similares a la asociación porfirina.

El cobre

El contenido promedio en la litosfera es de 70 ppm; mientras que el contenido total de cobre en el suelo varía entre 2 y 100 ppm, de los cuales 1 ppm puede ser extraída con HCl diluido.

En los suelos el cobre se encuentra presente principalmente en la forma divalente. La concentración de Cu en la solución del suelo ordinario puede llegar a valores tan bajos como 0,01 ppm; mientras que la cantidad soluble en agua no excede de 1 ppm, esto es aproximadamente 1% del Cu total. Se considera que la fracción principal del Cu disuelto existe como complejo soluble de ácidos orgánicos, como cítrico y oxálico.

El cobre intercambiable es firmemente adsorbido por la materia orgánica del suelo. El ión Cu^{2+}

es fijado por el humus, en gran proporción, de una manera más estable que por la forma ordinaria intercambiabile adsorbida. Se ha demostrado experimentalmente que el Cu es adsorbido más firmemente por los suelos orgánicos, que por los minerales. El Cu no intercambiabile se considera unido parcialmente a la materia orgánica, como complejos estables o como constituyentes de residuos de plantas y parcialmente en minerales primarios y secundarios. El Cu orgánico se hace disponible solamente después de la mineralización. La distribución de Cu entre los componentes inorgánicos y orgánicos del suelo varía notablemente con el contenido de humus.

El cobre es un microelemento constituyente de ciertas enzimas, incluyendo la oxidasa del ácido ascórbico (Vitamina C), tirosinasa, citocromo-oxidasa y la plastocianina, una proteína de color azul que se encuentra en los cloroplastos.

El cobre enlazado participa en enzimas de oxidorreducción, a excepción de ciertos aminos oxidasas y galactosa oxidasas. Este elemento participa en reacciones de oxidorreducción.

En resumen, el cobre provee a la planta con un metal, que en su estado reducido Cu^+ , se enlaza y reduce el O_2 . En su forma oxidada (Cu^{2+}), el metal es realmente reducido. En los complejos formados con proteínas tiene un alto potencial de oxidorreducción. El Cu forma parte de la fenoloxidasa, que cataliza la oxidación de compuestos fenólicos a cetonas durante la formación de la lignina y en la curtiembre.

El manganeso

El manganeso en los suelos tiene valencias 2, 3 y 4. En la solución del suelo y en forma intercambiabile se presenta principalmente como Mn^{2+} , los iones Mn^{3+} y Mn^{4+} forman óxidos prácticamente insolubles. La abundancia del manganeso total en suelos minerales varía entre 300 y 7.000 ppm, aunque algunas veces se encuentran contenidos menores o mucho mayores. En muchos suelos la fracción principal del manganeso se encuentra bajo la forma no-intercambiabile y difícilmente soluble.

El contenido de las diferentes fracciones de Mn en los suelos es muy variable. Se encuentra en forma de distintos óxidos y óxidos hidratados, como parte de silicatos y carbonatos.

La parte importante del Mn en suelos se encuentra presente como óxidos insolubles, el más común parece ser la pirolusita como Mn^{4+} , tanto en la forma hidratada como activa, $\text{MnO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y en la forma cristalizada e inerte MnO_2 . Los principales factores del suelo que determinan la disponibilidad del Mn son el pH y las condiciones de oxidorreducción. Los valores de pH entre 6 y 6,5 parecen ser críticos. Valores bajos favorecen la reducción, mientras que valores altos la oxidación.

Las plantas pueden utilizar con seguridad el Mn^{2+} y es casi seguro que no pueden usar el Mn^{4+} , mientras que se desconoce su capacidad para absorber apreciables proporciones de Mn^{3+} , muy inestable. Se cree que existe un equilibrio dinámico entre las formas de Mn, de modo que es muy probable que la forma Mn^{4+} se dé en suelos alcalinos y que la forma Mn^{3+} probablemente esté favorecida por valores de pH del suelo próximos a la neutralidad y la forma divalente (Mn^{2+}) se encuentra en suelos ácidos. Se cree que los microorganismos son principalmente responsables de su oxidación entre pH 5 y 7,9, mientras que la oxidación no biológica es marcada solamente por encima de pH 8.

Es un microelemento esencial para la síntesis de clorofila, su función principal es la activación de enzimas como la arginasa y las fosfotransferasas. Participa en el funcionamiento del fotosistema II de la fotosíntesis, responsable de la fotólisis del agua. El Mn puede actuar en el balance iónico como un contraión y reaccionar con grupos aniónicos.

El Mn es absorbido por las raíces en la forma de Mn^{2+} , biológicamente activa, mediante un proceso que demanda energía, el que se retarda en presencia de los iones divalentes Mg^{2+} y Ca^{2+} . Se mueve en la planta principalmente como ión libre en el floema.

En la fotólisis del agua se requiere Mn fuertemente enlazado en el lado oxidante del fotosistema II. La liberación de O_2 por la fotosíntesis depende del enlace en cuatro Mn por cada centro de reacción de la P680,

con una fuerte indicación de que el complejo Mn-proteína participa directamente en el almacenamiento de los cuatro equivalentes de oxidación, requeridos para la transferencia de cuatro electrones de dos moléculas de H_2O , para producir O_2 . Aún no se ha establecido el papel que juega el Mn en las reacciones de oxidorreducción.

Revisión de niveles críticos de nutrientes en suelo y en tejido foliar, y calificación de resultados

Nitrógeno

El contenido de nitrógeno depende del contenido de materia orgánica y éste, a su vez, de los antecedentes del suelo (vegetación o cultivo anterior). En suelos tropicales su reserva es muy baja (a excepción de los orgánicos). El contenido de nitrógeno en el suelo debe ser entre 0,1% y 0,4% y tener entre 0,5% y 3,0% de carbono. Se ha encontrado correlación positiva significativa entre los rendimientos y el contenido de N en el suelo. Altos contenidos de nitrógeno reducen la formación de inflorescencias femeninas y causan el disturbio fisiológico *Mal de juventud* y hoja pequeña.

Fósforo

Basado en la respuesta absoluta de rendimiento, rendimiento relativo y absorción de fósforo se ha encontrado, por el método de Bray II, que los suelos se pueden agrupar en tres rangos de respuesta al fósforo:

- Suelos con contenido muy bajo de fósforo y una alta probabilidad de respuesta a la fertilización fosfórica: $P < 5$ ppm.
- Suelos con contenido moderado de P-5-10 y con una mediana a baja probabilidad de respuesta a fertilización fosfórica: P 5-10 ppm.
- Suelos con contenido relativamente alto y con una baja o no respuesta a la fertilización fosfórica: $P > 10$ ppm.

El contenido de fósforo en el suelo es importante pero su relación con otros nutrientes también lo es (N/P; K/P) porque en exceso puede producir deficiencia de boro (hoja pequeña).

Potasio

La disponibilidad del potasio depende del material parental. Suelos derivados de areniscas y granito son pobres en potasio, en cambio los de origen volcánico y aluviales son ricos. También depende de la mineralización e intensidad de ella. Las arcillas de tipo 2:1 como illita, montmorillonita y vermiculita generalmente son más ricas en K que los de tipo 1:1 como la caolinita y ésta más que la guisita y goethita. La precipitación también influye: mientras entre más arcilla y mineralizados, textura más gruesa, más precipitación y más pérdida del potasio por lixiviación. Las cenizas y residuos de los bosques son ricos en potasio. El potasio influye en el número de racimos por palma y el peso medio del racimo. El nivel en el suelo debe ser mayor de 0,15 a 0,20 me/100 g. Además del contenido alto de potasio es ventajoso que los suelos tengan una relación $Mg/K < 4$ para palmas jóvenes y $Mg/K < 2$ para palmas adultas.

Calcio

Hay correlación positiva y significativa entre el rendimiento y el contenido del calcio en el suelo.

Cloro

En regiones de alta precipitación y en suelos bien drenados son generalmente bajos en el anión cloro (Cl), debido a que no es retenido por los coloides del suelo y es fácilmente lixiviable. Es uno de los elementos fácilmente removido en el proceso de lixiviación. La deficiencia de cloro es ampliamente difundida aun cerca del mar. Estas deficiencias se pueden corregir con aplicaciones de cloro.

Niveles críticos en el suelo para palma de aceite

A continuación se relacionan los niveles críticos de nutrientes en el suelo, en términos de bajo, medio y alto. El nivel óptimo es el inicio en la denominada escala de alto. A partir de este valor se pueden originar desbalances nutricionales que afectan el normal desarrollo del cultivo.

Tabla 2. Niveles críticos en tejido foliar para palma de aceite – En hoja 17

Elemento	Unidades	Bajo (menor o igual a)	Medio	Alto (mayor o igual a)
Nitrógeno	%N	2,33	2.34-2.59	2,60
Fósforo	%P	0,15	0.16-0.17	0,18
Potasio	%K	1,07	1.08-1.19	1,20
Calcio	%Ca	0,58	0.59-0.64	0,65
Magnesio	%Mg	0,24	0.25-0.27	0,28
Azufre	%S	0,22	0.23-0.25	0,26
Boro	ppm B	15	16-17	18
Hierro	ppm Fe	71	72-79	80
Zinc	ppm Zn	13,4	13.5-14.9	15
Manganeso	ppm Mn	13,4	135-149	150
Cobre	ppm Cu	4,3	4.4-4.9	5,0

Niveles críticos de nutrientes en el tejido foliar

En la Tabla 2 se presentan los niveles de referencia para la calificación de resultados de análisis de muestras de tejido foliar en palma de aceite.

La base para la interpretación de estos valores es:

Bajo: el elemento se comporta como fuerte limitante de la productividad y existe una alta probabilidad de respuesta a las aplicaciones de ese nutriente.

Medio: existe limitación pero no es muy fuerte. Sin embargo, existe la probabilidad de respuesta a su aplicación.

Alto: el valor mencionado puede considerarse como adecuado. No obstante, en la medida en que se aumenta la concentración del nutriente, es probable que se generen antagonismos con otros nutrientes.

Cálculo y representación gráfica de los índices de balance en suelo y tejido foliar

El índice de balance es una expresión que define la relación existente entre el nivel crítico de un nutriente y su concentración real en el suelo o en el tejido foliar. Este índice se expresa en términos de porcentaje y lo

ideal es que la relación esté siempre cercana al ciento por ciento. De lo contrario, indica dos cosas: que el nutriente está en situación de deficiencia (menos de 100) o que se encuentra en exceso (por encima de 100). Al tratarse de una relación porcentual, una ventaja de utilizar este índice es que es posible representar en una misma gráfica diversos nutrientes, así estos se expresen en unidades diferentes.

Adicionalmente, es posible establecer la correlación existente entre los contenidos de nutrientes en el suelo y en el tejido foliar bajo una misma gráfica. Esto permite la búsqueda y visualización de posibles antagonismos y sinergismos entre nutrientes.

Ejercicio y/o práctica 1.1.

Correlación entre nutrientes y su función en el cultivo de la palma de aceite

Objetivo

Socializar de manera práctica los principales nutrientes requeridos por el cultivo y sus funciones más relevantes. Se pretende que los participantes categoricen los nutrientes por la cantidad requerida y por la producción de fruto y aceite.

Orientaciones para el facilitador

Es necesario elaborar una serie de tarjetas: en unas se anotan los principales nutrientes requeridos por el cultivo y en otras se representan de manera gráfica las principales funciones de esos nutrientes. Además de escribir una frase se debe dibujar o imprimir una figura relacionada con la función del nutriente.

Se sugiere la conformación de dos grupos para crear un escenario de competencia donde se estimule a los participantes a contestar de manera acertada el mayor número de preguntas.

El facilitador describe y muestra la figura relacionada con la función de un nutriente y le da prioridad a un grupo, si éste no responde acertadamente, se le da la oportunidad al segundo grupo. Al final gana el que tenga mayor número de respuestas acertadas.

Se aclara que al momento de cada pregunta sólo se acepta una respuesta por grupo, la cual es el producto del consenso de todos sus integrantes.

El premio para el grupo puede ser la colección de fichas elaboradas sobre las funciones de nutrientes. Los miembros del grupo deciden si rifan este material o lo dejan en manos de una persona en particular.

Recursos necesarios

- Tarjetas para impresión de los nombres de los principales nutrientes y la parte gráfica de las funciones.
- Fotografías alusivas a las funciones de los nutrientes: crecimiento, desarrollo, formación del fruto, llenado de racimos, formación de aceite, resistencia a estrés por exceso o falta de agua, resistencia a enfermedades y plagas.
- Salón con video beam y papelógrafo.
- Tiempo aproximado: una hora.
- Una práctica alterna puede ser dejar tarjetas en blanco para que los participantes de cada grupo procedan a graficar funciones atribuidas a los diferentes nutrientes. En este caso se requieren marcadores de colores para elaborar las gráficas de funciones de los nutrientes a mano alzada.

Instrucciones para el participante

El participante hace parte de un grupo y, como tal, no puede responder individualmente. Sus respuestas son producto del consenso y en este sentido es conveniente nombrar un líder que sea vocero del grupo.

Una vez dada la respuesta, no hay posibilidad de volver a contestar la misma pregunta. Se le cede el turno al grupo de trabajo alterno.

Si el grupo opta por la elaboración de gráficos para la obtención de respuestas acertadas, el encargado de elaborarlos no puede hablar.

Hoja de Trabajo (tabla de datos, cuestionario, tabla de observaciones o evaluaciones, cuadro, esquema para gráfica, etc.).

Con el propósito de ayudar a la apropiación del conocimiento, a cada participante se le facilitará un formato con la siguiente información.

Al obtener la respuesta correcta por cada uno de los grupos, el participante llenará la casilla correspondiente al nutriente y a su función. Lo único que el facilitador debe incluir en el formato es la figura alusiva al nutriente.

Tabla 3. Relación entre nutrientes y sus funciones en la palma de aceite

Nutriente	Función	Figura alusiva
Nitrógeno	Síntesis de clorofila, crecimiento de las plantas.	
Fósforo	Crecimiento de raíces y manejo de energía en la planta.	
Potasio	Regulación del agua, tamaño de racimos.	
Magnesio	Síntesis de clorofila, transformación de carbohidratos en aceite.	
Boro	Crecimiento de las partes apicales de la planta, viabilidad del polen.	

Ejercicio y/o práctica - Información de retorno

- ¿Cómo se debió hacer la práctica?
- ¿Qué problemas se encontraron?
- ¿Cómo se comparan los datos que recogieron los diferentes equipos de trabajo?

Ejercicio y/o práctica 1.2.

Calificación de resultados de análisis de tejido foliar, de suelos y cálculos secundarios

Objetivo

Calificar los resultados de análisis de muestras de tejido foliar y de suelos de acuerdo con criterios de niveles bajo, medio, óptimo y alto, como insumo inicial para la identificación de limitantes nutricionales en la producción del cultivo.

Orientaciones para el facilitador

Para la ejecución de este ejercicio el facilitador entrega a cada participante un formato donde se encuentran los resultados de tres muestras de suelos contrastantes de una plantación y una tabla de niveles críticos de referencia para el cultivo.

Para cada suelo y para cada uno de los nutrientes se pregunta al auditorio la calificación para cada uno y se va registrando en el respectivo formato.

Después de calificar todos los suelos se comparan los resultados obtenidos y se formulan preguntas como: ¿Cuál es el suelo que registra los mayores limitantes o excesos de nutrientes?, ¿Cuál sería el mejor suelo para establecer el cultivo?, etc.

Luego de este ejercicio el facilitador entrega a cada participante un formato con el resultado de análisis de tres muestras de tejido foliar y una tabla de referencia con los niveles críticos aplicados al cultivo de la palma.

Es importante anotar que las tres muestras de tejido foliar corresponden a los mismos lotes de donde se tomaron como ejemplo las tres muestras de suelo. Los

suelos escogidos deben ser representativos de la zona en donde se esté realizando el ejercicio o del lugar donde los participantes tienen o atienden sus cultivos.

Si ellos se sienten identificados con la realidad de los suelos y del tejido foliar analizado, quiere decir que se les facilita el proceso de aprendizaje.

Para cada muestra de tejido foliar y para cada uno de los nutrientes se le pregunta al auditorio la calificación y se va registrando en el respectivo formato.

Al final del ejercicio se analiza cuál de las muestras de tejido foliar presentaría los mayores desbalances de nutrientes.

Luego se correlacionan los contenidos de nutrientes en el suelo con el tejido foliar y se analiza si evidentemente lo registrado en el suelo corresponde con lo registrado en el tejido foliar.

Finalmente el facilitador presenta de manera resumida el ejercicio realizado para las muestras de suelo y tejido foliar y corrobora que todos los participantes hayan calificado correctamente los diferentes parámetros.

Recursos necesarios

- Formato con registro de análisis de tres muestras de suelo, provenientes de una misma plantación.
- Formato de referencia con niveles críticos de nutrientes en el suelo de acuerdo con los requerimientos del cultivo.
- Formato con registro de análisis de tres muestras de tejido foliar, provenientes de una misma plantación.
- Formato de referencia con niveles críticos de nutrientes en el tejido foliar de acuerdo con los requerimientos del cultivo.

Instrucciones para el participante

El participante deberá diligenciar la calificación de los parámetros de análisis de suelos y de tejido foliar de acuerdo con las tablas de referencia dadas por el facilitador.

Este diligenciamiento consiste en anotar al frente de cada parámetro la letra correspondiente según su

estado, así: Bajo (B), Medio (M), Alto (A) y Óptimo (O).

Al final de cada formato el participante identifica los nutrientes más relevantes de acuerdo con su nivel de deficiencia o exceso y realiza un análisis comparativo de los tres suelos y tres análisis de tejido foliar utilizados como ejemplo.

En esta hoja usted encuentra los resultados de análisis de muestras de suelos para las tres posiciones fisiográficas incluidas en el taller. Para cada suelo aparece una columna denominada calificación, donde usted calificará los diferentes parámetros según sea alto, medio o bajo. Para desarrollar este ejercicio deberá utilizar el anexo número uno que hace referencia a los criterios para calificación de parámetros de análisis de suelos. La calificación de parámetros es el comienzo de la identificación de posibles deficiencias o exceso de nutrientes en el suelo.

En la segunda parte de la hoja se incluyen los denominados cálculos secundarios, que se originan a partir de los datos básicos obtenidos en el laboratorio.

El cálculo de la Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE) se obtiene al sumar las denominadas bases (calcio, potasio, magnesio y sodio) más el aluminio. Se expresa en miliequivalentes por 100 gramos de suelo. $(CICE \text{ (meq/100g)} = (Ca + Mg + K + Na + Al))$.

El cálculo de la suma de bases se obtiene por la adición simple de los contenidos de calcio, magnesio, potasio y sodio. $(\text{Suma de bases (meq/100g)} = (Ca + Mg + K + Na))$.

El cálculo de la saturación de bases se obtiene al dividir la suma de las bases entre la capacidad de intercambio efectiva y multiplicada por 100. $(\text{Saturación de bases (\%)} = (\text{suma de bases/CICE}) \times 100)$.

La saturación individual para las bases y el aluminio se calcula dividiendo el contenido del elemento entre la CICE, multiplicada por 100. Se expresa en porcentaje. $(\text{Saturación elemento (\%)} = (\text{contenido del elemento / CICE}) \times 100)$.

El cálculo de la saturación de potasio, magnesio, sodio, calcio y aluminio es un parámetro complementario

a la interpretación de las cantidades absolutas existentes de cada uno de estos elementos. Ayuda a encontrar limitantes para la absorción de nutrientes e identificar posibles antagonismos y sinergismos en el suelo.

Enseguida, calcule algunas relaciones entre bases que se consideran importantes en la química del suelo. Se trata de establecer la relación proporcional de un nutriente con respecto a otra. En este punto se identifican posibles desbalances en las bases.

En la parte final de la hoja de trabajo número uno se encuentra un espacio donde usted debe consignar por lo menos tres limitantes para la producción considerados en orden de importancia para cada una de las posiciones fisiográficas. En este punto usted anotará, por ejemplo, bajo potasio, alto aluminio, etc. Más adelante desarrollará más sus ideas y las transcribirá como parte del diagnóstico nutricional.

Finalmente, dispone de un espacio para realizar un ejercicio de contraste para las dos posiciones fisiográficas incluidas: resalte las principales diferencias en los suelos.

Hoja de trabajo número dos: *Calificación de resultados de análisis de muestras foliares*. En esta hoja se presentan los resultados de análisis de muestras de tejido foliar para los dos lotes considerados. Califique los parámetros evaluados de acuerdo con criterios de alto, bajo o medio. Para ello, utilice el anexo número dos que hace referencia a los criterios para la calificación de resultados de análisis foliares.

El anterior ejercicio le servirá para identificar las principales deficiencias o excesos de nutrientes en el tejido foliar.

En la segunda parte de la hoja encontrará un espacio para realizar cálculos secundarios como algunas relaciones entre nutrientes que se consideran de importancia en la búsqueda de antagonismos o sinergismos. Tal es el caso de la relación nitrógeno:fósforo. Estos cálculos secundarios deberán ser calificados y se tendrán en cuenta más adelante como elemento de diagnóstico nutricional.

Tablas o formatos de trabajo

Se adjuntan los formatos con los resultados de análisis de muestras de tejido foliar y de suelos, así como las tablas de referencia para los niveles críticos.

Hoja de Trabajo N° 1

Calificación de resultados de análisis de muestras de suelo

Análisis de suelos							
Parámetro	Unidades	Terraza	Calif.	Piedemonte	Calif.	Vega	Calif.
Text		F		F		F - Arc	
Arena	%	42,62		44,3		27,45	
Arcilla	%	17,72		20,7		32,55	
Limo	%	39,66		35,0		40	
pH	dS/m	4,22		5,49		6,5	
C.E.	meq/100g	N.D.		N.D.		1,04	
Ac. Interc	meq/100g	2,58		0,34		ND	
C.I.C.	%	17,34		12,8		20,04	
C.Ogr.	%	1,70		1,09		1,02	
M. Org.	meq/100g	2,94		1,88		1,78	
K	meq/100g	0,12		0,41		0,47	
Ca	meq/100g	0,46		6,04		19,79	
Mg	meq/100g	0,17		2,61		2,48	
Na	meq/100g	0,04		0,19		0,28	
Al	ppm	2,22		0,27		ND	
P	ppm	9,49		23,3		60,86	
S	ppm	6,62		6,06		4,25	
B	ppm	0,71		0,02		0,02	
Fe	ppm	7,90		35,8		67,32	
Cu	ppm	0,06		1,58		3,02	
Mn	ppm	0,72		8,71		8,58	
Zn	ppm	0,40		1,58		6,53	

Cálculos secundarios							
CICE							
Suma Bases							
Sat de Bases							
Sat K							
Sat Ca							
Sat Mg							
Sat Na							
Sat Al							
Ca:Mg							
(Ca+Mg)/K							

Hoja de Trabajo N° 2

Calificación de resultados de análisis de tejido foliar en palma de aceite

Parámetro	Unidades	Terraza	Calif.	Piedemonte	Calif.	Vega	Calif.
N	%	2,56		2,49		2,52	
P	%	0,146		0,185		0,19	
K	%	1,08		0,8		0,73	
Ca	%	0,54		0,79		0,95	
Mg	%	0,19		0,31		0,32	
S	%	0,2		0,23		0,26	
B	ppm	24,6		15,2		19,6	
Cl	%	0,59		0,68		0,52	
Cu	ppm	4,5		5,91		4,5	
Fe	ppm	114,8		84,21		77,8	
Mn	ppm	187		138,5		226	
Zn	ppm	14,7		17,44		19,45	
Relaciones							
N/K							
N/P							
Ca+Mg+K							

(Ca+Mg)/K						
Ca/B						
N/S						
N/B						

Ejercicio y/o práctica 1.3.

Cálculo y representación gráfica de Índices de balance nutricional en suelos y en tejido foliar

Objetivo

Realizar el proceso de cálculo de Índices de balance nutricional en suelos y en tejido foliar aplicado al cultivo de la palma de aceite. Mediante este ejercicio los participantes en la Unidad de capacitación adquirirán la destreza para la ejecución de los cálculos respectivos y apropiarán el concepto de Índice balance destacando los beneficios que se obtienen al representar en un mismo gráfico todos los nutrientes requeridos por el cultivo.

Orientaciones para el facilitador

Este ejercicio se desarrollará de manera individual. Sin embargo, se recomienda la conformación de grupos de trabajo liderados por las personas que tengan mayores conocimientos según los resultados arrojados por la evaluación de entrada.

Para la ejecución de los cálculos los participantes pueden disponer de computadores o calculadoras para trabajo manual. Se recomienda la ejecución del proceso de forma manual para facilitar la apropiación del conocimiento.

En primer lugar, el facilitador entrega a cada participante los formatos que se van a utilizar para la ejecución de los cálculos y retoma las hojas de niveles críticos entregadas en el ejercicio anterior. Inicialmente toma como ejemplo los resultados obtenidos para una muestra de suelo y calcula el índice de balance. Luego, es necesario que los participantes hagan

todos los cálculos para los diferentes parámetros de suelos y para los tres suelos que se han venido utilizando como ejemplo.

A continuación se deben representar, en un plano cartesiano y mediante un gráfico de líneas, los resultados obtenidos para los tres suelos.

Luego de verificar que cada uno de los grupos haya completado el ejercicio hasta la elaboración de los gráficos, se solicita que un voluntario elabore la representación gráfica de los Índices de balance con la ayuda de un papelógrafo o tablero acrílico.

Una vez representados los tres suelos se comparan y se destacan los de mayor producción y los de más fácil manejo desde el punto vista nutricional. Es conveniente generar discusión o aportar elementos de juicio para llegar a un consenso en las respuestas.

Para los resultados de análisis de muestras de tejido foliar se repite el procedimiento descrito.

Al final del ejercicio se destaca que el balance nutricional es importante para todos los nutrientes requeridos por el cultivo y se recalca en que el hecho de que un nutriente sea requerido en baja cantidad no significa que sea menos importante que otro cuando se requiere en mayores dosis.

Recursos necesarios

Los materiales y recursos requeridos son:

- Resultados de análisis de tres muestras de tejido y tres muestras de suelo correspondientes a tres lotes de una misma plantación.
- Tabla con niveles críticos para nutrientes en suelo y tejido foliar aplicable a palma de aceite.
- Ejercicio ejemplo con fórmula para el cálculo de los índices de balance.

- Hoja cuadriculada para la representación de los Índices de balance.
- Papelógrafo o tablero acrílico para la representación de los Índices de balance.
- Calculadoras o equipos de cómputo. Y espacio físico adecuado para la conformación de los grupos.

Orientaciones para el participante

Cálculo de Índices de balance en suelos y representación gráfica: en esta hoja usted deberá realizar los cálculos de Índices de balance para los principales elementos considerados de importancia en la nutrición del cultivo.

El término Índice de balance hace referencia a la relación porcentual que existe entre el contenido de un nutriente (en suelo o tejido foliar) y el nivel teórico considerado óptimo para ese nutriente. Entonces, Índice de balance = (contenido real del nutriente / óptimo teórico del nutriente) X 100.

Para el cálculo de los Índices de balance deberá utilizar los resultados de análisis de suelos suministrados en la hoja de trabajo número uno y los datos sobre niveles críticos que aparecen en el anexo número uno (como nivel óptimo se considerará el valor que aparece en la casilla denominada alto).

Realice este cálculo para todos los suelos y parámetros incluidos.

En la segunda parte de esta hoja de trabajo encuentra una cuadrícula para graficar los Índices de balance para los suelos y parámetros utilizados.

Una de las ventajas de emplear el criterio de Índices de balance es tener la oportunidad de representar bajo las mismas unidades las diferentes variables químicas del suelo.

Al representar de manera gráfica los resultados de los Índices de balance es posible visualizar fácilmente los nutrientes que se encuentren en mayor desbalance con respecto al nivel crítico, ya sea por exceso o por defecto.

Es deseable que estos Índices se encuentren muy cercanos al ciento por ciento y en la medida en que se alejen de este valor será necesario aportar nutrientes si los valores están por debajo del 100% o de considerar la no aplicación de alguno que se halle en exceso en el suelo. En este caso el Índice de balance estaría por encima del ciento por ciento.

Al representar los suelos para las diferentes posiciones fisiográficas se observará cómo las deficiencias de un nutriente en un suelo pueden ser excesos en otra situación y se analizarán las implicaciones que ello tendría para el manejo de la nutrición en ambas situaciones.

Hoja de trabajo número cuatro: cálculo y representación gráfica de los Índices de balance en tejido foliar.

En esta hoja de trabajo usted deberá realizar los cálculos de Índices de balance y representación gráfica para el tejido foliar. Seguirá los mismos pasos realizados en la hoja de trabajo número tres. Utilizará la hoja de trabajo número dos, donde se encuentran los resultados de análisis de muestras de tejido foliar y también los criterios del anexo número dos.

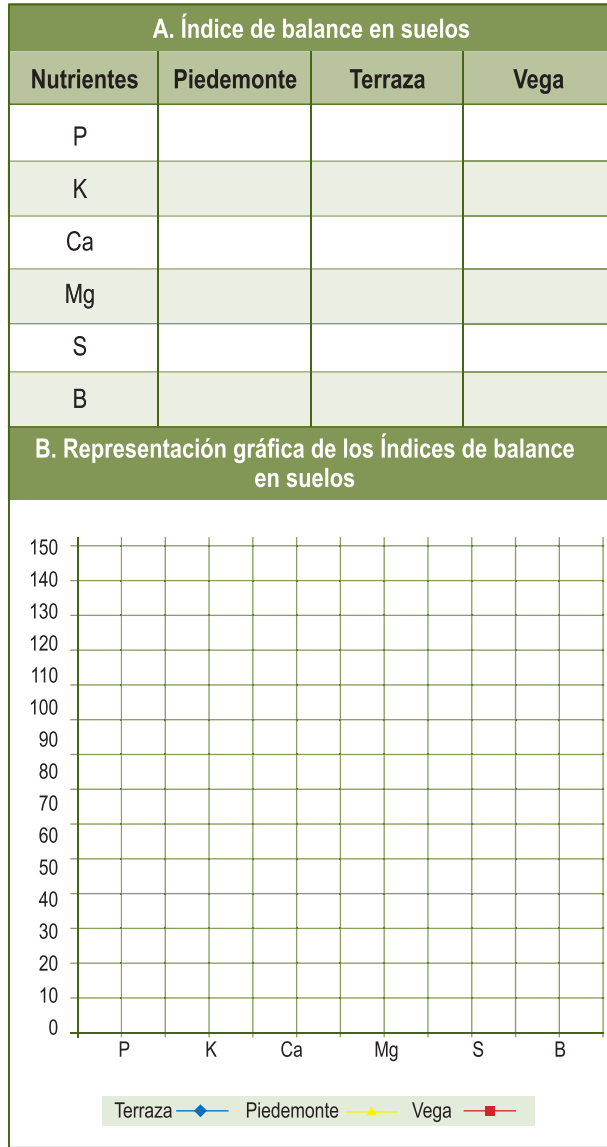
En este punto es importante analizar si existe relación entre los Índices de balance edáfico y los de balance foliar. Con esto se tendrá una importante herramienta de diagnóstico.

Tablas o formatos de trabajo

Se adjuntan los formatos con los resultados de análisis de muestras de tejido foliar y de suelos, así como las tablas de referencia para los niveles críticos y la hoja cuadriculada para la representación gráfica de los Índices de balance.

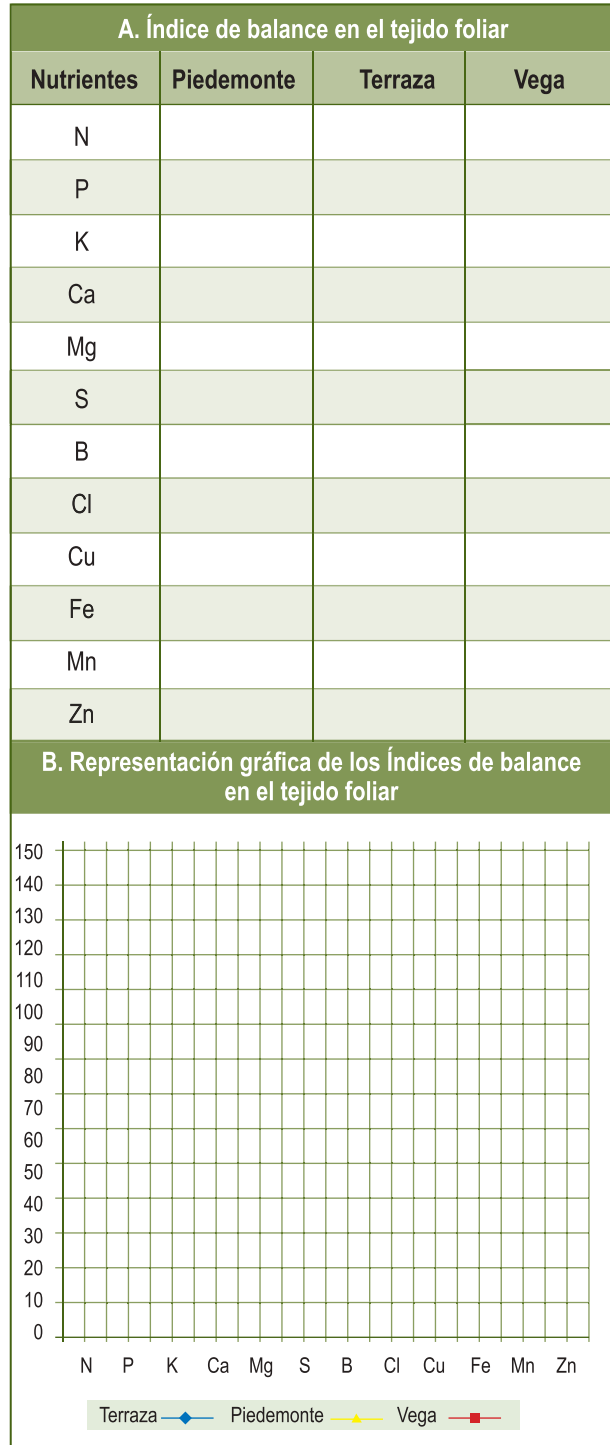
Hoja de Trabajo N° 3

Cálculo y representación de Índices de balance en suelo



Hoja de Trabajo N° 4

Cálculo y representación de Índices de balance en suelo



Referencias bibliográficas

- Ollagnier, M. 1986. *Efectos de la nutrición sobre la productividad. Progreso genético y efectos de la nutrición sobre la calidad del aceite de palma*. Segunda parte. Palmas (Colombia) v/ no. 2. P. 27 – 35.
- Hartley, C.W.S. 1983. *La palma de aceite. Métodos para determinar la necesidad de nutrimentos*. CECSA. P. 610-712.
- Owen, E. s.f. *Características físico- químicas del suelo y su incidencia en la absorción de nutrimentos con énfasis en el cultivos de la palma de aceite*. Palmas (Colombia) V 16 no. 1, p. 31 – 39.
- León, L. A. 1994. *Evaluación de la fertilidad del suelo. Fertilidad del suelo. Diagnóstico y control*. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá. P. 155 – 186.
- Lora, R. 1994. *Factores que afectan la disponibilidad de nutrimentos para las plantas. Fertilidad del suelo. Diagnóstico y control*. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá. P. 29 – 55.
- Vallejo, G. 1993. *Fertilización: Organización, registro, distribución de trabajo, eficiencia y costos*. Curso administración de plantaciones de palma de aceite. Bucaramanga. P. 59 – 83.
- Patarroyo, F. 1992. *Índices de balance en palma de aceite*. Seminario sobre nutrición. Cenipalma. Caribia.

Palma de aceite (Web)

De aquí se deducen las necesidades nutricionales de la palma que, en importancia, son: potasio, El aceite contiene agua, barro y materiales vegetales. www.angelfire.com/.../palmaaceitera/infotecnica.html

Fertilización de viveros de palma · PC en palma de aceite · Generalidades del cultivo · Administración de plantaciones. Pudrición alta del tallo. www.gratisweb.com/cultivodepalma/cultivo.htm

Palma de Aceite, Palma de Aceite. India: Efecto de diferentes métodos y niveles de riego y fertilización, así como parámetros morfológicos. www.netafim-latinamerica.com/.../india--effect-of-different-methods-of-irrigation

Elementos nutricionales en las plantas

Las plantas por ser organismos vivos requieren de una adecuada, oportuna y balanceada nutrición que se logra mediante los elementos esenciales para el...

www.quiminet.com/.../ar_hgsAAAssaddsa-los-elementos-nutricionales-en-las-plantas.htm

Fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas - Conceptos

Formato de archivo: PDF/Adobe Acrobat - Vista rápida nutrición de plantas. a. Nutrición carbonada a través de la incorporación y transformación del CO₂ en carbohidratos en el proceso fotosintético. ...

www.fertitec.com/.../FERTILIDAD%20DEL%20SUELO%20Y%20NUTRICION.pdf

Nutrición de Plantas.pdf Ebook Download

Innovación tecnológica en la nutrición de plantas. www.pdf-search-engine.com/nutricion-de-plantas-pdf.html

Concentración usual de los elementos en las plantas superiores. Macronutrientes. Nitrógeno. Calcio. Potasio. Azufre. Fósforo. Magnesio. Micronutrientes. www.elprisma.com/apuntes/curso.asp

Las necesidades de las plantas. La nutrición. www.mundodescargas.com/.../decargar_nutricion-de-plantas.pdf

La ley del mínimo aplicada a la nutrición vegetal implica que el rendimiento de la planta (expresado en cantidad de lo que quiera obtenerse: semillas, ...

www.agroestrategias.com/.../Nutricion%20-20Conceptos%20Basicos%20en%20Nutricion%20Vegetal.pdf



Unidad de aprendizaje 2

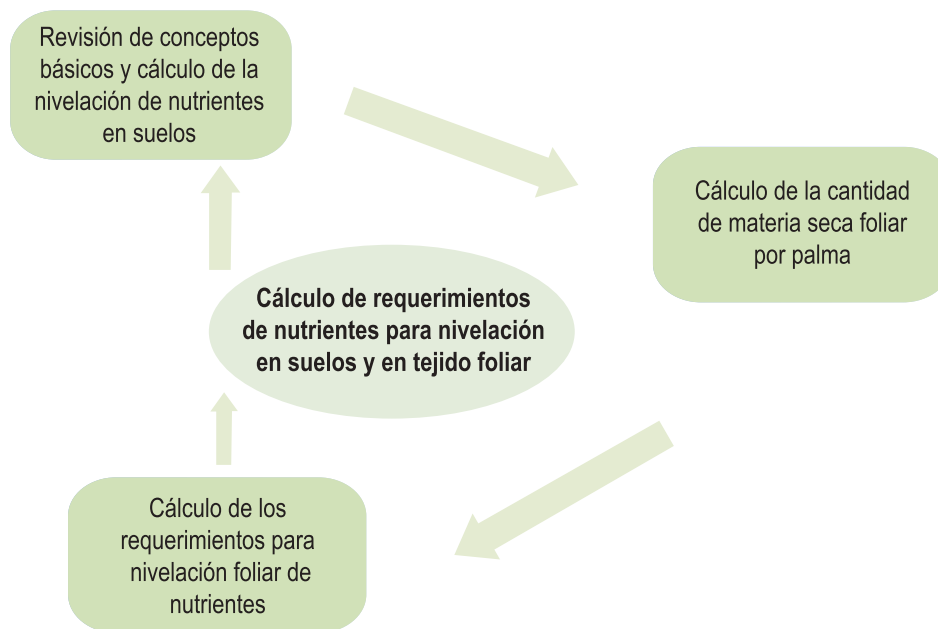
Cálculos de requerimientos de nutrientes para nivelación en suelo y tejido foliar

Presentación de la estructura de esta unidad	49
Breve explicación de la estructura de la unidad	49
Preguntas orientadoras	50
Objetivos de esta unidad	50
Introducción	50
Desarrollo del contenido	51
Revisión de conceptos básicos y cálculos de nivelación de nutrientes en el suelo	51
Cálculo de la cantidad de materia seca foliar por palma	51
Cálculo de los requerimientos para nivelación foliar de nutrientes	51
Ejercicio y/o práctica 2.1.	
Cálculo de la nivelación edáfica de nutrientes de acuerdo con los requerimientos de la palma de aceite	51
Ejercicio y/o práctica 2.2.	
Determinación de la cantidad de masa seca foliar en la palma de aceite	54
Ejercicio y/o práctica 2.3.	
Cuantificación de las cantidades de nutrientes que se van a aportar por concepto de nivelación foliar	55
Referencias bibliográficas	57



Figura 2. Proceso de observación en campo del suelo y sus principales características.

Presentación de la estructura de esta unidad



Breve explicación de la estructura de la unidad

El cálculo de requerimientos para nivelación edáfica y foliar de nutrientes constituye el primer punto para la generación de las proporciones de nutrientes necesarias para un cultivo de palma de aceite.

Este proceso se sustenta en el hecho de mantener en el tiempo la calidad de los suelos sin deteriorar su fertilidad de acuerdo con los requerimientos del cultivo; así como preservar los niveles óptimos en el tejido foliar para obtener el mayor potencial productivo. En otras palabras, se trata del mantenimiento de unos niveles mínimos de reserva en la planta y en el suelo.

La sección empieza con la revisión de los conceptos básicos sobre la nivelación de nutrientes en el suelo

aplicado en el cultivo de la palma de aceite, como densidad aparente, sistema radicular, profundidad del suelo que se va a modificar etc., seguido de la ejecución del proceso de cálculo, donde es necesario recordar aspectos básicos de química de suelos y manejo de nutrientes.

Luego se dedica un espacio exclusivo al cálculo de la cantidad de materia seca que se va a modificar dependiendo del desarrollo vegetativo del cultivo. Este es un punto muy importante porque la cantidad de nutrientes por aplicar depende de la cantidad de materia seca foliar. Este tema se aborda con una práctica de campo y al final se ejecuta en oficina.

La sección finaliza con la estimación de los requerimientos de nutrientes para nivelación en tejido foliar.

Finalmente, se tendrán dos resultados: uno para suelos y otro para tejido foliar. En algunos casos habrá deficiencias de un nutriente en particular y, en otros, se encontrarán excesos que será necesario manejar desde el punto de vista agronómico.

Preguntas orientadoras

1. ¿Por qué es importante realizar el proceso de nivelación de nutrientes en el suelo?
2. ¿Cuál es la profundidad en el suelo que se debe modificar desde el punto de vista nutricional?
3. ¿Por qué es importante conocer la densidad aparente del suelo dentro del proceso de nivelación edáfica de nutrientes?
4. ¿Cómo se realiza el proceso de cálculo de cantidad de materia seca foliar para un cultivo de palma de aceite?
5. ¿Cuál es la importancia de la nivelación foliar de nutrientes y su impacto en la producción y en el manejo fitosanitario del cultivo?

Objetivos de esta unidad

- Ejecutar los procedimientos de cálculo para determinar las cantidades de nutrientes por reponer por concepto de nivelación de nutrientes, utilizando los registros de análisis de tejido foliar y de suelos, así como los registros de materia seca del cultivo.
- Calcular la materia seca foliar de un lote de palma de aceite, mediante la ejecución de una actividad práctica de campo y el correspondiente taller de cálculo en oficina.

Introducción

El mantenimiento de la calidad del suelo desde el punto de vista de su fertilidad química, así como la tenencia de niveles de nutrientes adecuados en el tejido foliar de acuerdo con los requerimientos del cultivo constituye la base de la sostenibilidad de la agroindustria de la palma de aceite porque influye directamente en la productividad y en la prevención de

ataques de plagas y enfermedades que podrían generar un impacto económico importante.

La ejecución del proceso de cálculo de nivelación de nutrientes le apunta a la incorporación de herramientas técnicas que viabilicen la sostenibilidad del cultivo y que al ser utilizadas de manera correcta, influyan en el mejoramiento de la eficiencia de los fertilizantes aplicados.

La nivelación de nutrientes no implica, necesariamente, la aplicación de cantidades adicionales de fertilizantes porque en algunos casos los suelos poseen cantidades excesivas de un nutriente y si esto se refleja en el tejido foliar, será necesario suprimirlo para lograr el balance nutricional requerido.

Los subtemas que se tratarán son: revisión de conceptos básicos y proceso de cálculo de nivelación de nutrientes en el suelo; determinación de la masa seca foliar para un cultivo de palma de aceite y nivelación de nutrientes en el tejido foliar.

En el primer caso se retomarán aspectos referentes a las unidades donde se expresan los contenidos de nutrientes en el suelo, la profundidad de suelo por modificar de acuerdo con el sistema radicular de la planta, la importancia de la toma de la densidad aparente del suelo, el procedimiento de transformación de las unidades de los parámetros del suelo y la determinación de las cantidades totales de nutrientes que se deben aplicar.

La determinación de la cantidad de materia seca foliar hace referencia a la ejecución del procedimiento de campo, ejecutando las medidas vegetativas correspondientes para que, luego de emplear un procedimiento matemático, sea posible determinar el peso seco foliar en concordancia con las condiciones reales del cultivo.

La nivelación foliar de nutrientes está ligada a la determinación de la masa seca foliar del cultivo. Es negativa cuando existe deficiencia nutricional y positiva cuando el nutriente se encuentra en exceso.

Desarrollo del contenido

Revisión de conceptos básicos y cálculos de nivelación de nutrientes en el suelo

En esta parte de la guía metodológica y en las unidades siguientes se hará énfasis en las revisiones y referencias bibliográficas, más que en la descripción detallada de tales conceptos técnicos.

Como referencias se agregarán enlaces o links de internet de fácil acceso para los estudiantes interesados en el tema del manejo nutricional en la palma de aceite.

Para el cálculo de nivelación de suelos es necesario conocer la densidad aparente del suelo que se está trabajando y la profundidad a la cual se desea modificar en función del sistema radicular de la palma de aceite.

El término densidad aparente del suelo hace referencia a la cantidad de masa de suelo sin disturbar en un volumen determinado. En términos generales este parámetro se expresa en términos de g/cm^3 .

Para el caso de los suelos minerales, estos valores fluctúan entre 1,1 y 1,5 g/cm^3 . Son deseables valores no superiores a 1,3.

Los valores de densidad aparente están en función de la forma como se encuentren agregadas las partículas del suelo, la naturaleza mineralógica de las partículas de suelo predominantes, la textura del suelo, los procesos de compactación y la cantidad de materia orgánica presente en los suelos.

Teniendo en cuenta que el sistema radicular de la palma de aceite tiende a ser superficial y que un alto porcentaje de raíces se ubican en los primeros 30 centímetros, además por el sistema mismo de aplicación de los fertilizantes, la profundidad que se va a modificar para cultivos establecidos es inferior a 20 centímetros.

Cálculo de la cantidad de materia seca foliar por palma

Para calcular la materia seca foliar en la palma de aceite

es necesario realizar una práctica de campo de acuerdo con el procedimiento descrito (Rey. L, *et al.*).

Cálculo de los requerimientos para nivelación foliar de nutrientes

La nivelación foliar de nutrientes tiene como principio, la búsqueda de las condiciones óptimas para lograr el mejor comportamiento agronómico y productivo de los materiales cultivados.

Para realizar la nivelación foliar de nutrientes en palma de aceite es necesario conocer las siguientes variables:

- Niveles críticos de referencias para resultados de análisis de muestras foliares.
- Resultados de análisis foliares del cultivo.
- Estimación de la cantidad de materia seca foliar por palma de acuerdo con resultados recientes.

Ejercicio y/o práctica 2.1.

Cálculo de la nivelación edáfica de nutrientes de acuerdo con los requerimientos de la palma de aceite

Objetivo

Ejecutar los procedimientos de cálculo necesarios para la cuantificación de los nutrientes requeridos para la nivelación edáfica de acuerdo con los requerimientos del cultivo.

Mediante este ejercicio los participantes recordarán los conceptos básicos para cuantificar los contenidos de nutrientes en el suelo y determinarán en cuáles casos es necesario aportar nutrientes o reducir los que se presentan en exceso.

Orientaciones para el facilitador

Al igual que los ejercicios anteriormente propuestos, éste se debe realizar de manera individual, pero es conveniente la conformación de grupos liderados por personas que hayan mostrado un antecedente de mayor

conocimiento del tema. Es necesario asegurarse de que todos los participantes comprendan adecuadamente los contenidos tratados.

Se debe comenzar con la verificación de las unidades en que se expresan los nutrientes en el suelo, partiendo de un caso ejemplo y asegurando la comprensión de los participantes.

En segundo lugar se aborda el cálculo de la cantidad de masa de suelo que se va a modificar con los siguientes insumos: el área de una hectárea, la profundidad del suelo que se modificará y la densidad aparente del suelo en mención. Es fundamental asegurarse de la correcta transformación de las unidades utilizadas en este procedimiento.

Se sugiere que se solicite a un voluntario la ejecución del procedimiento en papelógrafo o tablero acrílico para evitar dudas y resolver inquietudes.

Posteriormente se debe calcular la necesidad de aplicación o no de nutrientes conforme a los niveles críticos del cultivo.

Luego se deducen las cantidades de nutrientes en términos de toneladas o kilogramos por hectárea. Para esto es preciso tener a mano los pesos moleculares de los elementos considerados como nutrientes para la palma de aceite.

Hasta este punto los resultados se expresan en términos de nutrientes, es decir, nitrógeno, fósforo, potasio, etc.

Al final de cada ejercicio, de cada grupo se sugiere la participación de una persona para que verifique el procedimiento ejecutado.

Recursos necesarios

- Caso ejemplo de resultado de análisis de suelos.
- Tabla de referencia con niveles críticos para suelos aplicables a palma de aceite.
- Tabla con información sobre los pesos moleculares y número de valencia para los principales elementos minerales considerados nutrientes.
- Calculadoras o equipos de cómputo.

- Espacio físico (salón), papelógrafo y tablero acrílico.

Orientaciones para el participante

El ejercicio consiste en una serie de cálculos que combinan aspectos matemáticos y conceptuales, dados en forma secuencial, de tal manera que la correcta ejecución de un paso es determinante para dar el siguiente paso.

Por tanto, es necesario asegurarse de la comprensión conceptual y metodológica de cada uno de los pasos del ejercicio. Para esto es vital la participación del grupo de trabajo y luego de todos los participantes en la actividad.

Se sugiere mantener siempre el ánimo de participación y colaboración en la resolución de posibles dudas surgidas durante el ejercicio.

El propósito de esta hoja de trabajo es calcular las necesidades de nutrientes para lograr que el suelo llegue a niveles óptimos para el cultivo. Si se coloca por encima del óptimo debe considerarse como un aporte del suelo al manejo de la nutrición y podría tomarse la decisión de no aplicar un nutriente para un determinado año.

Se incluyen los nutrientes requeridos en mayor cantidad por el cultivo: fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y boro. Se excluye el nitrógeno debido a las enormes variaciones que se pueden presentar dependiendo de las leguminosas de cobertura, el tipo de vegetación, las condiciones de drenaje, etc.

Utilice los datos suministrados en la hoja de trabajo número uno y en el anexo número uno donde se consignan los niveles críticos para los suelos.

Un dato básico es la densidad aparente de los suelos y la capa de suelo que se pretende analizar.

En la primera parte de la hoja de trabajo deberá calcular la diferencia que existe entre los contenidos de nutrientes en el suelo con respecto al nivel óptimo. La fórmula es: Diferencia contenido de nutriente = (nutriente en el suelo – óptimo nutriente): los resultados negativos indican que existe la necesidad de aportar nutrientes para llegar al óptimo. Por su parte, los

resultados positivos revelan que el nutriente se halla en exceso y/o no es necesario hacer aportes adicionales con destino a generar una reserva en el suelo.

En la segunda parte de la hoja de trabajo calcule la cantidad de nutriente que se halla en déficit o en exceso en el suelo, en términos de kilogramos por hectárea. Para ello debe conocer: la densidad aparente del suelo, la profundidad del suelo por modificar, el peso molecular y el número de valencia de algunos de los elementos incluidos en el anexo número cinco.

Para la estimación de la reserva de nutrientes expresados en miliequivalentes / 100 gramos de suelos, la fórmula es:

$$\text{RNS (Kg./ha)} = \text{DNO (meq/100g)} \times (\text{PM/val.}) \times \text{d.a (g/cm}^3) \times \text{P (cm.)}$$

Donde:

RNS: Reserva nutricional del suelo

DNO: Diferencia con el nivel óptimo

PM: Peso molecular del elemento considerado

d.a: densidad aparente del suelo

P: profundidad del suelo considerado

Cuando los nutrientes se expresan en partes por millón (ppm), la fórmula es:

$$\text{RN (Kg./ha)} = \text{DNO (ppm)} \times \text{d.a (g/cm}^3) \times \text{P (m.)} \times 10$$

Donde:

RNS: Reserva nutricional del suelo

DNO: Diferencia con el nivel óptimo

d.a: densidad aparente del suelo

P: profundidad del suelo considerado

Tablas o formatos de trabajo

Se adjuntan los formatos con los resultados de análisis de muestras de tejido foliar y de suelos, así como las tablas de referencia para los niveles críticos, cálculo de masa de suelo por modificar, tabla con valores de peso molecular y número de valencia para los elementos nutrientes.

Hoja de Trabajo N° 5

Diseño y evaluación del programa de manejo nutricional en palma de aceite

A. Diferencia con el nivel crítico			
Nutrientes	Piedemonte	Terraza	Vega
P			
K			
Ca			
Mg			
S			
B			

B. Estimación de la reserva o déficit del suelo			
Nutrientes	Piedemonte	Terraza	Vega
P			
K			
Ca			
Mg			
S			
B			

C. Equivalente en producto comercial por hectárea			
Nutrientes	Piedemonte	Terraza	Vega
P			
K			
Ca			
Mg			
S			
B			

Ejercicio y/o práctica 2.2.

Determinación de la cantidad de masa seca foliar en palma de aceite

Objetivo

Ejecutar el procedimiento para la determinación de la masa seca foliar por palma, mediante la ejecución del procedimiento de campo para la toma de medidas vegetativas y la ejecución de los cálculos matemáticos, según las ecuaciones teóricas probadas para este fin.

Orientaciones para el facilitador

El ejercicio comprende dos fases: una de campo, y una sesión de salón para la ejecución de los cálculos.

Para la primera fase es necesario haber revisado los conocimientos teóricos sobre el procedimiento que se va a ejecutar. En los anexos técnicos se encuentra el procedimiento de campo (Rey. L. *et al.*).

En primer lugar es necesario ejecutar la demostración del procedimiento de campo en una palma seleccionada para este fin.

Luego se conforman grupos de trabajo de máximo cinco personas y a cada uno se le asigna una línea de

palma para que repita el ejercicio por lo menos en cinco palmas de esa línea. De esta manera, cada participante liderará el ejercicio por lo menos en una palma.

Durante el trabajo de campo el facilitador deberá visitar todos los grupos y asegurarse de la correcta ejecución del procedimiento. Se recomienda usar plantas de 5 a 10 años, debido a que la altura no dificultaría la práctica.

Una vez que los grupos hayan terminado su trabajo y antes de abandonar el campo, se realiza una reunión para dar respuesta a las dudas que hayan surgido durante el proceso.

En la segunda fase se aplican las fórmulas correspondientes para el cálculo de materia seca foliar.

Al final del ejercicio es conveniente reforzar la importancia de la práctica y las implicaciones que tiene no realizar el procedimiento y asumir valores teóricos de materia seca foliar.

Recursos necesarios

- Formatos para el registro de los datos de campo.
- Lote de palma de aceite con edad de siembra entre 5 y 10 años.
- Palín o cuchillo malayo para el corte de las hojas.

Hoja de Trabajo N° 6.

Registro de medidas para el cálculo de materia seca foliar por palma

Lote	Línea	Palma	Ancho peciolo	Profundidad peciolo	Cálculo M.S./hoja	N° Hojas	Cálculo M.S./palma
					Promedio MS Lote		

- Calibrados o nonio para la medición del alto y ancho del raquis de la hoja.
- Papelería, bolígrafos, calculadora. Salón para la ejecución de los cálculos respectivos.

Orientaciones para el participante

Por tratarse de una actividad eminentemente práctica se recomienda la participación en todos los pasos del proceso. Si bien se conforman grupos, se ha previsto que de manera individual se ejecute el ejercicio completo por lo menos en una palma.

Con lo anterior se logra mecanizar el procedimiento y ello ayuda a la real apropiación del conocimiento.

Tablas o formatos

Se incluye el formato de registro de campo.

Ejercicio y/o práctica 2.3.

Cuantificación de las cantidades de nutrientes que se van a aportar por concepto de nivelación foliar

Objetivo

Cuantificar las cantidades de nutrientes requeridos para mantener en niveles óptimos los contenidos de nutrientes en el tejido foliar acorde con los requerimientos del cultivo.

Orientaciones para el facilitador

Es primordial que durante el desarrollo del ejercicio se mantenga la conformación de grupos para aprovechar la información y los conocimientos de quienes están más avanzados en el tema.

Es esencial retomar el concepto de niveles críticos en el tejido foliar y la cantidad de materia seca foliar por palma.

Al final del ejercicio es conveniente realizar ejercicios de simulación para comprobar qué sucede con las

recomendaciones cuando no se tiene un valor confiable de cantidad de materia seca foliar por palma.

Se debe reforzar el concepto de la obtención de niveles críticos locales, según el comportamiento histórico del cultivo y la experiencia de los técnicos de las plantaciones.

Recursos necesarios

- Resultados de análisis de muestras de tejido foliar para tres lotes ejemplo.
- Tabla de referencia con niveles críticos de nutrientes en el tejido foliar para palma de aceite.
- Registro de cantidades de materia seca foliar por palma para diferentes lotes.

Orientaciones para el participante

En esta hoja de trabajo usted calculará la necesidad de aplicar nutrientes para alcanzar la nivelación foliar. Utilizará los datos suministrados en la hoja de trabajo número dos, que hace referencia a los resultados de análisis de muestras de tejido foliar.

En la primera parte de la hoja de trabajo estimará la diferencia existente entre el contenido real del tejido foliar y el nivel considerado como óptimo. Resultados negativos indicarían que la palma se encuentra en situación de déficit nutricional y resultados positivos excesos del nutriente en el tejido foliar.

Diferencia con el nivel óptimo = Nivel real – Nivel crítico y se expresa en parte por millón (ppm) o porcentaje según el nutriente.

En la segunda parte de la hoja de trabajo buscará las cantidades de nutrientes para nivelación foliar en términos de kilogramos de nutriente por palma con arreglo a la siguiente fórmula:

$$\text{RNF (Kg./palma)} = \text{DNO (\%)} \times \text{Psf. (Kg./palma)}$$

Donde:

RNF: Requerimiento para Nivelación Foliar.

DNO: Diferencia con el Nivel Óptimo.

Psf: Peso seco foliar.

Para nutrientes expresados en partes por millón (ppm):
 $RNF \text{ (Kg./palma)} = (DNO \text{ (ppm)}/10000) \times Psf.$
 (Kg./palma)

Donde:

RNF: Requerimiento para Nivelación Foliar.

DNO: Diferencia con el Nivel Óptimo.

Psf: peso seco foliar.

Tablas o formatos

Se adjuntan los formatos previstos para la guía.

Hoja de Trabajo N° 7

Cálculo para la nivelación foliar de nutrientes

A. Diferencia con el nivel crítico			
Nutrientes	Piedemonte	Terraza	Vega
N			
P			
K			
Ca			
Mg			
S			
B			
Cl			
Cu			
Fe			
Mn			
Zn			

B. Requerimientos de nutrientes para nivelación foliar			
Nutrientes	Piedemonte	Terraza	Vega
N			
P			
K			
Ca			
Mg			
S			
B			
Cl			
Cu			
Fe			
Mn			
Zn			

Referencias bibliográficas

- Acosta G., A. 1996. *Fase operativa de un programa de fertilización*. En: Memorias Primer Curso Internacional de Palma de aceite. Cenipalma. Santafé de Bogotá, p. 179-194.
- Cuéllar S., M.; Munévar M., F. 2000. *Control de calidad de los resultados analíticos en el Laboratorio de análisis Foliare y de Suelos de Cenipalma*. Palmas (Colombia) V. 21, N° Especial, Tomo 1, p. 92-98.
- Instituto de la Potasa y el Fósforo. 1997. *Síntomas de deficiencias de nutrientes y desórdenes en palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.)*. Guía de bolsillo. Singapore.
- Mite, F.; Carrillo, M.; Espinosa, J. 1999. *Influencia de la fertilización y el riego sobre el desarrollo, nutrición y rendimiento de la palma africana en Ecuador*. Informaciones Agronómicas (Ecuador) N° 36, p. 1-5.
- Munévar M., F. 1998. *Problemática de los suelos cultivados con palma de aceite en Colombia*. Palmas (Colombia) V.19 N° Especial, p. 218-228.
- Munévar M., F.; Acosta G., A.; Gómez C, P. L. 2001. *Factores edáficos asociados con la Pudrición de cogollo de la palma de aceite en Colombia*. Palmas (Colombia) V.22 N° 2, p. 9-19.
- Munévar M. F.; Franco, P. N. 1998. *Guía general para el muestreo foliar y de suelos en cultivos de palma de aceite*. Cenipalma. Santafé de Bogotá. (Boletín Técnico N° 12).
- Mutert, E. W. 1998. *El potasio en la palma aceitera*. Informaciones Agronómicas (Ecuador) N° 30, p. 1-6.
- La “densidad aparente” del suelo (peso seco del suelo /volumen) depende de varios factores, que incluyen los siguientes: La densidad de las partículas de... ecoplexity.org/node/596.
- Evaluación del patrón de distribución del sistema radical de la palma de aceite. Introducción.
www.mag.go.cr/rev_agr/v17n01_041.pdf
- Relación de las características edáficas y el desarrollo del sistema radical de la palma de aceite.
www.fedepalma.org/palmas/28_1.shtml
- De aquí se deducen las necesidades nutricionales de la palma que, en importancia, son: potasio. El aceite contiene agua, barro y materiales vegetales... www.angelfire.com/.../palmaaceitera/infotecnica.html



Unidad de aprendizaje 3

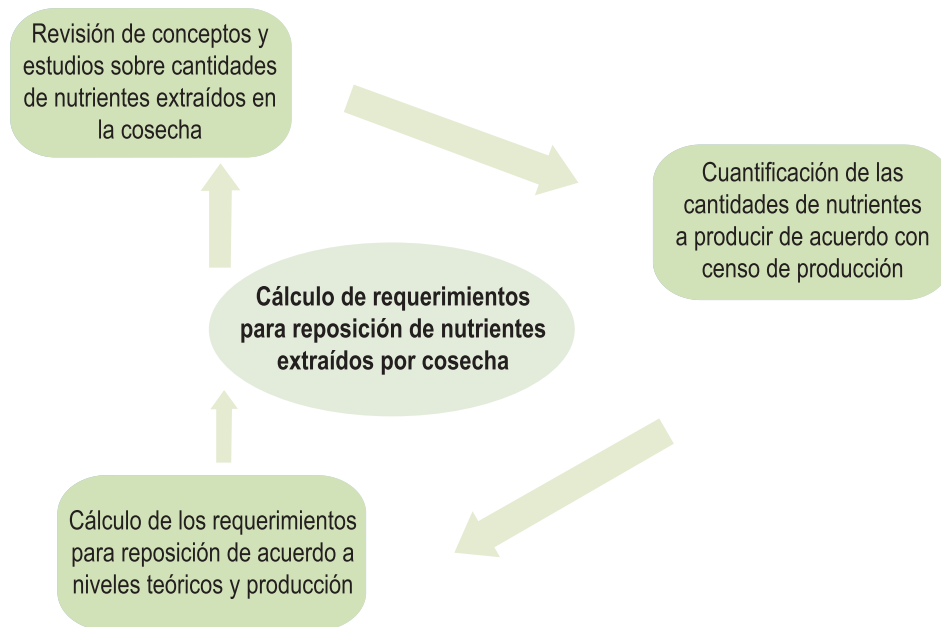
Cálculos de requerimientos para reposición de nutrientes extraídos por cosecha

Presentación de la estructura de esta unidad	61
Breve explicación de la estructura de la unidad	61
Preguntas orientadoras	61
Objetivos de esta unidad	62
Introducción	62
Desarrollo del contenido	62
Revisión de estudios sobre extracción de nutrientes por el cultivo de palma de aceite	62
Estimación de la producción de acuerdo con censos y registros históricos	62
Cálculos de reposición de nutrientes según la producción proyectada y los requerimientos teóricos	63
Ejercicio y/o práctica 3.1.	
Cuantificar los requerimientos de nutrientes extraídos por cosecha de acuerdo al censo de producción y las cantidades teóricas de extracción	63
Referencias bibliográficas	64



Figura 3. Palma de aceite de 3,5 años con alta producción de racimos.

Presentación de la estructura de esta unidad



Breve explicación de la estructura de la unidad

El cálculo de la reposición de nutrientes extraídos por cosecha se inicia con la revisión bibliográfica de los estudios realizados para estimar las cantidades de nutrientes para palma de aceite. En este punto se destaca la importancia de los estudios históricos que hicieron diferentes autores.

Teniendo los referentes teóricos de extracción de nutrientes, el siguiente paso es asegurarse de la cuantificación adecuada de la producción. Todo programa de nutrición es esencialmente una proyección con base en censos de producción y la revisión del comportamiento histórico de la producción del cultivo. De esta manera, se parte de una observación real que

es el censo y de una proyección teórica cuya precisión depende de la calidad de los registros de producción y del clima.

Con los requerimientos teóricos y la proyección de producción se ejecutan los cálculos pertinentes que resultarán más precisos en virtud de la excelencia del censo de producción y de los registros.

Preguntas orientadoras

1. ¿Por qué es importante realizar el proceso de reposición de nutrientes extraídos por cosecha?
2. ¿Cuáles son las herramientas para proyectar la producción de racimos por hectárea?
3. ¿Cuál es la periodicidad para ejecutar el censo de producción?

4. ¿Cuál es el nutriente que se extrae en más alta cantidad en el cultivo?
5. ¿Por qué es importante expresar las cantidades de nutrientes en términos de requerimientos por palma?

Objetivos de esta unidad

- Calcular las cantidades de fertilizantes que se deben aplicar según el número de nutrientes extraídos por cosecha esperada, utilizando los registros de censos de producción, extracción teórica de nutrientes y comportamiento histórico de la producción.

Introducción

La palma de aceite es la oleaginosa que produce mayor cantidad de aceite por hectárea, con rendimientos superiores a 10 ton de aceite/ha a nivel comercial.

Estas grandes producciones están asociadas a altos requerimientos de nutrientes, que deben ser aportados por el suelo o por fuentes fertilizantes suministradas por el agricultor.

Para el caso de la palma de aceite se han efectuado múltiples estudios mediante los cuales se han cuantificado las cantidades de nutrientes extraídos en la cosecha y para el mantenimiento del cultivo con el objeto de que contribuyan al mantenimiento del balance nutricional de la palma.

En esta sección se abordarán los siguientes subtemas:

- Revisión de información sobre cantidades de nutrientes extraídas por el cultivo.
- Determinación de la cantidad de cosecha esperada conforme a censos y registros históricos de producción.
- Cálculos de las cantidades de nutrientes por reponer según niveles teóricos y expectativas reales de producción.

Desarrollo del contenido

Revisión de estudios sobre extracción de nutrientes por parte del cultivo de palma de aceite

Los estudios sobre extracción de nutrientes en palma aceitera han sido desarrollados principalmente en países asiáticos. Estos aparecen registrados en las referencias bibliográficas para esta sección.

Estos estudios han mostrado que, para el caso de la palma de aceite, los mayores requerimientos son potasio y nitrógeno. Sin embargo, como principio de nutrición vegetal se aplica el hecho de que no por requerirse en menor cantidad un nutriente determinado, éste es menos importante que otro que se requiera en mayor cantidad.

Tabla 4. Cantidades de nutrientes removidos por los racimos de palma de aceite más el consumo para crecimiento vegetativo (que no se recicla)

Kg de nutriente /tonelada de fruto		
Nutrientes	Según Ng y Thamboo (1987)	Según Ng. <i>et al</i> (1999)
Nitrógeno	4,56	4,85
Fósforo	0,59	0,64
Potasio	5,96	8,25
Magnesio	1,29	1,48
Calcio	1,33	

Estimación de la producción de acuerdo con censos y registros históricos

La estimación adecuada de la producción esperada en palma de aceite es un proceso que incluye la consideración de variables climáticas, el comportamiento histórico de la producción en el cultivo y el registro de la cantidad de estructuras femeninas y racimos presentes en el campo.

Con esto se obtiene un estimativo de la producción esperada para los siguientes 5,5 meses, tiempo que transcurre desde la antesis de la flor hasta cuando se puede cosechar el racimo.

El censo debe realizarse en una muestra representativa que abarque entre el 3 y el 5% de las palmas del lote o Unidad de Manejo Agronómico (UMA). El procedimiento completo se describe en la guía metodológica sobre *Estimativos de producción para determinar el potencial productivo de racimos de fruta fresca* (Ruíz, Rodrigo; Motta, Dumar y Romero, Hernan Mauricio, 2010).

Si se considera que las estimaciones de producción y presupuestos se hacen con una proyección a un año, los restantes 6,5 meses del año deberán programarse con base en el comportamiento histórico de la producción en la UMA en cuestión y además revisando el comportamiento de variables climáticas como la precipitación, la radiación solar y la temperatura promedio que influyen de manera directa en el comportamiento de la productividad.

Una buena estimación permite planear adecuadamente los requerimientos de nutrientes (más del 30% de los costos variables de la producción), disponer las necesidades de personal para cosecha y transporte y establecer un flujo de caja acorde con lo presupuestado.

Es importante advertir que es necesario ajustar la estimación de producción para el segundo semestre, una vez se realice el nuevo censo de producción y se obtengan datos más ajustados a la realidad.

Sobre el proceso de censo de producción, se adjunta una presentación.

Cálculos de reposición de nutrientes según la producción proyectada y los requerimientos teóricos

Una vez se recolectan los datos de estimación sobre la producción proyectada, el siguiente paso es el cálculo de la reposición de estos nutrientes (que constituye por lo menos el 70% del total de la recomendación para un año), de acuerdo con los niveles de extracción teóricos.

Ejercicio y/o práctica 3.1.

Cuantificar los requerimientos de nutrientes extraídos por cosecha de acuerdo con el censo de producción y las cantidades teóricas de extracción

Objetivo

Determinar las cantidades de nutrientes que se le van a reponer al cultivo en proporción directa con los que se le extrajeron en la cosecha de RFF, con base en los censos de producción, producción proyectada y niveles teóricos de extracción de nutrientes.

Orientaciones para el facilitador

Previo a la ejecución de este ejercicio se deben comprender los conceptos de reposición de nutrientes extraídos por cosecha y la importancia de ejecutar una proyección adecuada de la producción con base en censos y comportamiento histórico.

En la primera parte del ejercicio se revisan los estimativos de producción de acuerdo con el censo y el comportamiento histórico, y en la segunda se ejecutan los cálculos para cada uno de los nutrientes requeridos por el cultivo, según los niveles teóricos de extracción.

Se recomienda verificar la ejecución de los ejercicios por todos los participantes y, a manera de ejemplo, solicitar que un voluntario realice el procedimiento descrito.

Recursos necesarios

- Datos de producción proyectada para tres lotes de palma.
- Tabla con cantidades de nutrientes extraídos por tonelada de RFF producida por hectárea.
- Salón para la ejecución de los ejercicios y calculadoras.

Orientaciones para el participante

En este punto usted deberá emplear los datos de producción proyectada suministrados en la hoja de datos

básicos y en el anexo número seis que hace referencia a las cantidades de nutrientes extraídos por palma por tonelada de fruto producida en una hectárea.

Utilizará esta fórmula:

RRC (Kg. /palma) = PP (ton/ha) X NE (Kg./palma).

Donde:

RRC: Requerimientos para Reposición por Cosecha de Racimos.

PP: Producción Proyectada.

NE: Cantidad de Nutriente Extraído.

Hoja de Trabajo N° 8

Diseño y evaluación del programa de manejo nutricional en palma de aceite

A. Requerimientos para reponer la extracción de nutrientes con la cosecha								
Zona	Ton/ha	N	P	K	Ca	Mg	S	B
Terraza								
Piedemonte								
Vega								

Referencias bibliográficas

- NG, H. C, P.; Chew, P. S.; Goh, K. J.; Kee, K. K. 1999. *Nutrient Requirements and Sustainability in Mature Oil Palms -An assessment*. The Planter (Malasia) v.75 N° 880, p. 331- 345.
- NG, S. K.; Thamboo, S. 1967. *Nutrient Contents of Oil Palms in Malaysia. In: Nutrients Required for Reproduction: Fruit Bunches and Male Inflorescens*. Malaysian Agriculture Journal (Malaysia) v.46, p. 3-45.
- Manejo de la nutrición y fertilización en palma aceitera en Costa Rica.
www.mag.go.cr/congreso_agronomico.../a50-6907-III_305.pdf



Unidad de aprendizaje 4

Elección de fuentes fertilizantes que se van a aplicar de acuerdo con criterios técnicos y económicos

Presentación de la estructura de esta unidad	67
Breve explicación de la estructura de la unidad	67
Preguntas orientadoras	67
Objetivos de esta unidad	68
Introducción	68
Desarrollo del contenido	68
Revisión de conceptos básicos sobre propiedades de los fertilizantes	68
Ejercicio y/o práctica 4.1.	
Escogencia de fuentes fertilizantes a aplicar para nivelación de suelos, tejido foliar y reposición por cosecha	71
Referencias bibliográficas	72



Figura 4. Cobertura con plantas leguminosas para el aporte y reciclaje de nutrientes en palma de aceite.

Presentación de la estructura de esta unidad



Breve explicación de la estructura de la unidad

Si bien existen diferentes fuentes fertilizantes que aportan nutrientes a los cultivos, en la presente guía metodológica se hace referencia particularmente a las inorgánicas, bien sea de origen natural o sintético, debido a que son las más utilizadas en la agroindustria de la palma de aceite.

La sección comienza con la revisión bibliográfica de las propiedades de los fertilizantes y las principales fuentes disponibles en el mercado. Con esto se busca brindar elementos técnicos de juicio para la escogencia de las fuentes más apropiadas.

Luego de la revisión bibliográfica se escogen las fuentes para cada nutriente, aplicando y discutiendo los

criterios técnicos que justifican la selección, de manera independiente para el suelo y lo aportado al cultivo.

Finalmente, se hace necesario realizar un filtro a lo escogido de cara a los criterios económicos, teniendo en cuenta los beneficios que se reciben con la correcta aplicación de los criterios técnicos.

Preguntas orientadoras

1. ¿Cuáles son las principales propiedades físicas y químicas de los fertilizantes?
2. ¿Cuáles serían las mejores fuentes para realizar el proceso de nivelación de nutrientes en el suelo?
3. ¿Por qué es importante tener en cuenta la textura del suelo al momento de escoger fuentes fertilizantes de alta solubilidad?

4. ¿Qué ventajas tiene la utilización de fuentes simples respecto a fuentes compuestas?
5. ¿Qué importancia tiene el porcentaje de concentración del nutriente en una fuente fertilizante?

Objetivos de esta unidad

- Escoger las fuentes fertilizantes apropiadas para ejecutar la nivelación edáfica de nutrientes en el suelo, el tejido foliar y la reposición debida a extracción por cosecha, aplicando los criterios técnicos con base en las propiedades químicas y físicas de esas fuentes.
- Aplicar criterios económicos para la escogencia de fuentes fertilizantes sin afectar la recomendación técnica.

Introducción

Asociado a la producción de una alta cantidad de aceite por hectárea está la necesidad de aportar cantidades significativas de nutrientes cuando el cultivo se encuentra en suelos de baja fertilidad.

Teniendo en cuenta que esta circunstancia incrementa los costos de producción, la escogencia de las fuentes fertilizantes que garanticen la mayor eficiencia agronómica y económica se convierte en una de las claves del éxito de la recomendación de manejo nutricional, porque se requiere la conjugación del conocimiento teórico y la experiencia técnica, producto de las investigaciones y el manejo de plantaciones.

Los subtemas de esta sección son:

- Revisión de conceptos básicos sobre propiedades de los fertilizantes y principales fuentes de fertilizantes y enmiendas.
- Elección de fuentes fertilizantes para aplicación al suelo y al cultivo de acuerdo con criterios técnicos.
- Aplicación de criterios económicos para la escogencia de fuentes fertilizantes, con prevalencia del criterio técnico.

Al final de la sección se espera cumplir el objetivo

de enriquecer el criterio técnico obtenido de la amplia discusión generada entre los participantes y la guía del facilitador.

Desarrollo del contenido

Revisión de los conceptos básicos sobre propiedades de los fertilizantes

El estado físico en que se presenta un abono, que puede ser sólido, líquido y gaseoso, juega un papel importante en las condiciones de utilización y en la eficacia del abono, porque tanto la homogeneidad de la distribución como su integración más o menos completa al suelo, van a depender de esta presentación.

Los abonos sólidos suelen presentarse en las siguientes formas:

- a) **Abonos en polvo.** Con grado de finura variable según el tipo de fertilizante. Normalmente no son aconsejables, porque su manejo resulta molesto, entorpecen el funcionamiento de las máquinas y sufren pérdidas en la manipulación. Sin embargo, esta forma sí es apropiada cuando la solubilidad en agua es escasa o nula y resulta idónea en los casos en los que el abono se mezcla profundamente con el suelo.
- b) **Abonos granulados.** Aquellos en los que al menos el 90% de las partículas presentan un tamaño de 1 a 4 mm. Esta presentación permite un manejo más cómodo, un mejor funcionamiento de las abonadoras, una dosificación más exacta y una distribución sobre el terreno más uniforme.
- c) **Abonos cristalinos.** Facilitan la manipulación y la distribución.
- d) **Abonos perlados (prill).** Mediante el sistema de pulverización en una torre de gran altura se obtienen esferas de tamaño muy uniforme, al solidificarse las gotas durante la caída.
- e) **Abonos macrogranulados.** Constituidos por grandes gránulos, de 1 a 3 cm de diámetro e incluso mayores, de liberación progresiva de los elementos nutritivos.

En el grupo de los fertilizantes líquidos, los tipos más característicos son los siguientes:

- a) **Suspensiones.** Gracias a la utilización de arcillas dispersas en el agua pueden mantenerse soluciones sobresaturadas de alguna sal (generalmente cloruro potásico) para alcanzar concentraciones totales elevadas en forma líquida. Para mantener las suspensiones se requiere una agitación periódica.
- b) **Soluciones con presión.** Soluciones acuosas de nitrógeno en las que participa como componente el amoníaco anhidro con concentración superior a la que se mantiene en equilibrio con la presión atmosférica. Para su aplicación se requieren equipos especiales que soporten la presión adecuada.
- c) **Soluciones normales o claras sin presión.** Soluciones acuosas que contienen uno o varios elementos nutritivos disueltos en agua.

Las propiedades químicas de los fertilizantes determinan tanto su comportamiento en el suelo, como su manipulación y conservación. Se destacan las siguientes:

- a) **Solubilidad.** La solubilidad en agua o en determinados reactivos es determinante sobre el contenido o riqueza de cada elemento nutritivo en un fertilizante concreto.
- b) **Reacción del fertilizante sobre el pH del suelo.** Viene determinada por el índice de acidez o basicidad del fertilizante, que se corresponde con la cantidad de cal viva que es necesaria para equilibrar el incremento de acidez del suelo (fertilizantes de reacción ácida) o producir un incremento de pH equivalente (fertilizantes de reacción básica).
- c) **Higroscopicidad:** capacidad de absorber agua de la atmósfera a partir de un determinado grado de humedad de la misma. Esta absorción puede provocar que una parte de las partículas se disuelvan, con lo que se deshace la estructura física del fertilizante. Generalmente, cuanto mayor es la solubilidad del fertilizante en agua, mayor es su higroscopicidad. Esta absorción puede provocar que una parte de las

partículas se disuelvan, con lo que se deshace la estructura física del fertilizante.

Abonos minerales con elementos principales (sólidos)

Abonos simples

Abonos nitrogenados

- a) **Nitrato de calcio.** Producto obtenido químicamente. Contiene como componente esencial nitrato cálcico y ocasionalmente nitrato amónico. Su fórmula química es: $5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}] \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3$ (peso molecular de 1080,5). Por tanto, este fertilizante aporta una parte de nitrógeno en forma amoniacal, que puede despreciarse en cultivos en suelo o enarenado, en los que puede considerarse como $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, pero que es conveniente en cultivos sin suelo. Se emplea básicamente como fuente de calcio.
- b) **Nitrato de magnesio.** Producto obtenido químicamente. Se compone básicamente de nitrato magnésico hexahidratado. Su fórmula química es: $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (peso molecular 256,3). Se emplea para suministrar magnesio cuando no es limitante el aporte de nitrógeno.
- c) **Nitrato amónico.** Producto obtenido químicamente. Contiene como componente esencial nitrato amónico. Su fórmula química es: NH_4NO_3 (peso molecular de 80). Aporta nitrógeno tanto en forma nítrica como amoniacal. Se emplea frecuentemente en la fertirrigación de cultivos en suelo, aunque en los cultivos sin suelo también se utiliza en las etapas de rápido crecimiento para evitar excesivos aumentos del pH de la solución drenada.
- d) **Sulfato amónico.** Producto obtenido químicamente. Contiene como componente esencial sulfato amónico. Su fórmula química es: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (peso molecular de 132). Es un fertilizante típico para abonado de fondo que se emplea con el fin de evitar la lixiviación del nitrógeno. No obstante, dada su gran solubilidad en agua, también se utiliza como fuente de azufre en la fertirrigación de cultivos en suelo o enarenado.

- e) **Nitrato de Chile.** Producto preparado a partir de caliche. Su componente esencial es el nitrato sódico.
- f) **Urea.** Producto obtenido químicamente. Se compone esencialmente de diamida carbónica (carbamida).

Abonos fosfatados

- a) **Superfosfato normal o superfosfato simple.** Producto obtenido por reacción del fosfato mineral triturado con ácido sulfúrico. Contiene como componentes esenciales fosfato monocálcico y sulfato de calcio.
- b) **Superfosfato concentrado.** Producto obtenido por reacción del fosfato mineral triturado con ácido sulfúrico y ácido fosfórico. Sus componentes esenciales son el fosfato monocálcico y el sulfato de calcio.
- c) **Superfosfato triple.** Producto obtenido por reacción del fosfato mineral triturado con ácido fosfórico. Se compone básicamente de fosfato monocálcico.
- d) **Otros.** Escorias de desfosforación (fosfatos Thomas, escorias Thomas), fosfato natural parcialmente solubilizado, fosfato precipitado bicálcico dihidratado, fosfato calcinado, fosfato aluminocálcico, fosfato natural blando.

Abonos potásicos

- a) **Sulfato potásico.** Producto obtenido químicamente a partir de las sales de potasio. Su componente esencial es el sulfato potásico. Su fórmula química es: K_2SO_4 (peso molecular de 174,3). Normalmente se emplea como fuente de potasio, cuando éste no se puede aportar como nitrato potásico, para no sobrepasar los niveles de nitrógeno establecidos.
- b) **Cloruro potásico.** Producto obtenido a partir de sales potásicas en bruto y que contienen como componente esencial cloruro potásico.
- c) **Sal potásica en bruto.** Sal potásica en bruto enriquecida, cloruro potásico con sal de magnesio,

sulfato potásico con sal de magnesio, kieserita con sulfato potásico.

Abonos compuestos

Abonos NPK

- a) **Abono NPK.** Producto obtenido químicamente o por mezcla, sin incorporación de materia orgánica fertilizante de origen animal o vegetal.
- b) **Abono NPK que contiene crotonilidendiurea, isobutilidendiurea o urea formaldehído,** según los casos.

Abonos NP

- a) **Abono NP.** Producto obtenido químicamente o por mezcla, sin incorporación de materia orgánica fertilizante de origen animal o vegetal. En las primeras etapas de crecimiento del cultivo es de uso muy común el fosfato monoamónico, cuya fórmula química es: $NH_4H_2PO_4$ (peso molecular de 115).
- b) **Abono NP que contiene crotonilidendiurea o urea formaldehído,** según los casos.

Abonos NK

- a) **Abono NK.** Producto obtenido químicamente o por mezcla, sin incorporación de materia orgánica fertilizante de origen animal o vegetal. Es de uso muy común el nitrato potásico, cuya fórmula química es KNO_3 (peso molecular de 101,1). Este abono es la principal fuente de potasio en fertirrigación y además aporta nitrógeno. Es especialmente importante en aguas de baja calidad agronómica.
- b) **Abono NK que contiene crotonilidendiurea, isobutilidendiurea o urea formaldehído,** según los casos.

Abonos PK

- a) **Abono PK.** Producto obtenido químicamente o por mezcla, sin incorporación de materia orgánica fertilizante de origen animal o vegetal. Es de uso muy común el fosfato monopotásico en fertirrigación, cuya fórmula química es KH_2PO_4 (peso molecular

de 136,1). Se emplea básicamente como fuente de fósforo, aunque también suministra potasio, en aguas con pocos bicarbonatos en las que no se puede aplicar todo el fósforo como ácido fosfórico.

Frecuencia y época de aplicación

Los fertilizantes se solicitan al menos seis meses antes de que sean aplicados. En plantaciones alejadas quizá se deban pedir con más tiempo de anticipación para que el pedido sea procesado y enviado a tiempo a la finca.

El número de aplicaciones fraccionadas depende de la cantidad y tipo de nutrientes requeridos, de la edad de la palma, del tipo de suelo (más fracciones en suelos de turba y en suelos arenosos) y del drenaje. A continuación se presenta una guía de fraccionamiento de nutrientes en palma aceitera.

Edad de la palma	Fraccionamiento recomendado
< 5 años	12
6- 10 años	6
10 – 20 años	4
< 20 años	2

Ejercicio y/o práctica 4.1.

Escogencia de fuentes fertilizantes a aplicar para nivelación de suelos, tejido foliar y reposición por cosecha

En este punto usted debe tener en cuenta:

- **Solubilidad de las fuentes:** es deseable que el efecto

de la nivelación química de los suelos sea perdurable. Por tanto, las fuentes de alta solubilidad no serían las más recomendadas.

- **Método de aplicación:** con la nivelación de química de suelos se busca modificar el mayor volumen de suelo posible. Así, la aplicación mecanizada de enmiendas o correctivos sería uno de los métodos más apropiados. El producto escogido debe tener facilidades para aplicarse con máquina.
- **Oportunidad de la aplicación:** en algunos suelos es posible disponer de altas dosis para lograr la nivelación edáfica. Es necesario considerar el fraccionamiento a varios años para evitar posibles efectos negativos al cultivo. Por otra parte, al diferir la recomendación total se tendrá la oportunidad de verificar si se están logrando los objetivos propuestos con las fuentes recomendadas y tomar correctivos en caso de ser necesario.
- **Necesidad de incorporación:** se debe recordar que para lograr reactividad y solubilidad se deben incorporar muchas enmiendas al suelo. En consecuencia, no se pueden desconocer las limitantes del cultivo cuando se quieren incorporar rectificaciones, debido al rompimiento de raíces. Se deben analizar los posibles efectos negativos y las áreas que se van a intervenir.

Con los aspectos anteriormente mencionados se propone la ejecución de un taller participativo y la selección, para cada uno de los nutrientes requeridos, de las fuentes más apropiadas de acuerdo con los criterios técnico y económico.

Es primordial contar con un listado de fuentes fertilizantes disponibles en el mercado, al igual que los precios de dichas fuentes.

Referencias bibliográficas

Konrad Mengel y Ernst A. Kirby. 2000. *Principios de Nutrición Vegetal*. Inpofos.

Fertilizantes comerciales. www.fertilizando.com/.../Fertilizantes%20Comerciales%20ParteI.asp

Fertilización de cultivos. www.sccsuelo.org/fertilizaciondecultivos.pdf.

Fertilización

La eficiencia de fertilización varía según el tipo de suelo (fundamentalmente pH y tipo de arcillas); fuente de fertilizante, y técnica de aplicación.

Manejo de la nutrición y fertilización en palma aceitera en Costa Rica

www.mag.go.cr/congreso_agronomico.../a50-6907-III_305.pdf

Fertilización en palma aceite. www.devida.gob.pe/.../Manual%20Palma%20Aceitera.pdf

Palma de Aceite - Netafim India

www.netafim-latinamerica.com/crop/oil.../articles---reading

www.ipni.net/.../Fertilización+aérea+de+la+palma+aceitera.pdf



Unidad de aprendizaje 5

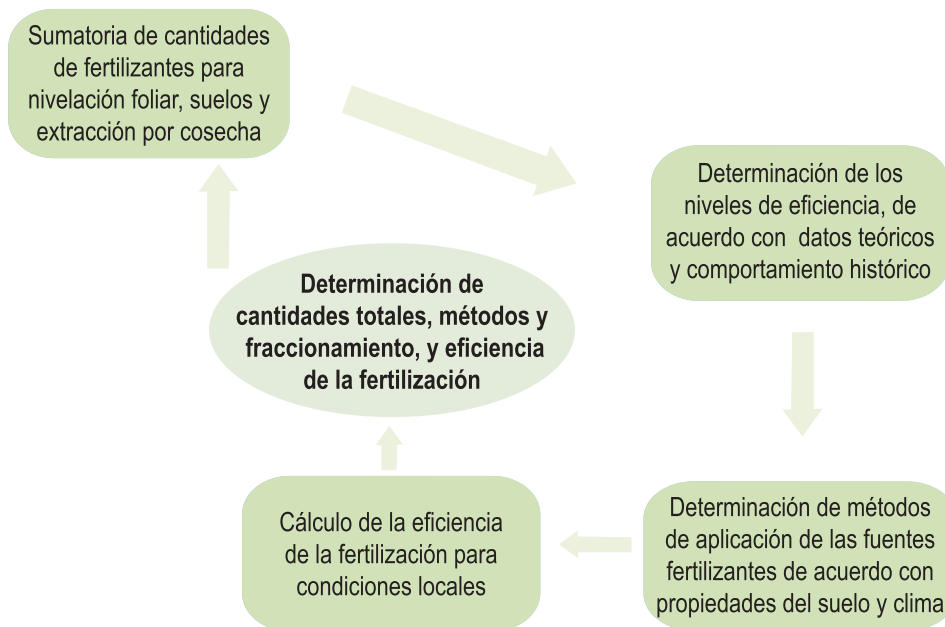
Determinación de cantidades totales, métodos y fraccionamiento de fertilizantes, y eficiencia de la fertilización para condiciones locales

Presentación de la estructura de esta unidad	75
Breve explicación de la estructura de la unidad	75
Preguntas orientadoras	76
Objetivos de esta unidad	76
Introducción	76
Desarrollo del contenido	77
Determinación de cantidades totales de nutrientes y expresión en términos de fuentes fertilizantes comerciales	77
Factores que afectan la eficiencia de la fertilización	77
Ejercicio y/o práctica 5.1.	
Determinación de las cantidades totales de nutrientes y expresión en términos de fuentes fertilizantes	78
Ejercicio y/o práctica 5.2.	
Cálculo de la eficiencia de la fertilización para condiciones locales	80
Referencias bibliográficas	83



Figura 5. Aplicación semimecanizada de fertilizantes en palma de aceite, utilizando tractor para el transporte de insumos.

Presentación de la estructura de esta unidad



Breve explicación de la estructura de la unidad

Este punto de la elaboración del programa de manejo nutricional se inicia con la sumatoria de cálculos efectuados anteriormente y que resumen las necesidades del cultivo. Estas son: reposición de nutrientes para nivelación del suelo, nivelación foliar y reposición de nutrientes extraídos por concepto de la cosecha estimada para un año. Una vez cuantificados estos valores es necesario convertirlos en términos de las fuentes fertilizantes escogidas de acuerdo con la sección anterior de esta guía.

En segundo lugar es necesario apreciar los niveles de eficiencia que se aplicarían a las fuentes fertilizantes escogidas y para esto se debe revisar la información

existente sobre eficiencia así como la experiencia de las plantaciones en torno al tema.

Luego, y asociado con el tema de la eficiencia de los fertilizantes, es preciso escoger el mejor método de aplicación conforme a los recursos disponibles y el fraccionamiento adecuado según las necesidades del cultivo y las condiciones climáticas de la zona o plantación de donde se han tomado los datos como ejemplo.

Finalmente, y con el propósito de reformular el programa de nutrición, es fundamental calcular la eficiencia de la fertilización bajo las condiciones locales de cada plantación y UMA. Este cálculo incluye las condiciones propias de cada UMA y, por tanto, no es extrapolable a otras situaciones.

Preguntas orientadoras

1. ¿Qué quiere decir eficiencia de la fertilización?
2. ¿Cuáles serían los métodos más frecuentes de aplicación de fertilizantes en palma de aceite y cuáles son sus ventajas y desventajas?
3. ¿Cuáles son los nutrientes más eficientes en palma de aceite?
4. ¿Cuál es la importancia de las variables climáticas en el fraccionamiento de la fertilización?
5. ¿Cuál sería el sitio más apropiado para ubicar los fertilizantes y lograr la más alta eficiencia?

Objetivos de esta unidad

- Determinar las cantidades totales de fuentes fertilizantes que se van a aplicar a un cultivo de palma de aceite de acuerdo con los requerimientos para nivelación edáfica y foliar de nutrientes y con la reposición de nutrientes extraídos por cosecha estimada.
- Establecer factores de eficiencia para las fuentes fertilizantes escogidas, acorde con la evidencia investigativa y la experiencia de las plantaciones.
- Seleccionar métodos y fraccionamiento de las aplicaciones para las fuentes fertilizantes escogidas en concordancia con sus propiedades, las del suelo, las condiciones climáticas y los requerimientos del cultivo.
- Calcular la eficiencia de la fertilización para condiciones locales.

Introducción

La formulación del programa de manejo nutricional en palma de aceite se basa en la ejecución secuencial de una serie de pasos que al final llevan a obtener las cantidades totales de fertilizantes. Su grado de aplicabilidad y confiabilidad depende de la rigurosidad de los cálculos ejecutados y de los criterios aplicados en cada uno de los pasos que constituyen el proceso. Esto se menciona con el objeto de resaltar que más allá de

un procedimiento meramente matemático, es necesario aplicar los conocimientos técnicos que permitan que efectivamente las recomendaciones le apunten al uso eficiente de los recursos y al aumento de la productividad.

Una vez se conoce la recomendación, en términos de cantidades por palma, es prudente escoger el o los métodos de aplicación, así como el fraccionamiento más adecuado que conduzca a lograr la más alta eficiencia de los fertilizantes aplicados, teniendo en cuenta las condiciones de la planta, el suelo y el clima predominante.

Finalmente, es necesario considerar el grado o porcentaje de eficiencia que pueden alcanzar los fertilizantes aplicados, teniendo en cuenta las referencias históricas y bibliográficas sobre el tema.

La búsqueda de la eficiencia en el manejo nutricional del cultivo se relaciona estrechamente con la productividad y con la disminución de la contaminación ambiental.

Para el cálculo de la eficiencia es necesario estar al tanto de los factores que la afectan tanto a nivel de suelo, planta y ambiente; así como los resultados de las investigaciones relacionadas con el tema y que orientan sobre las posibilidades de aumentarla.

La determinación de lo que se llama eficiencia local requiere del cuidadoso registro histórico respecto a variables como la cantidad anual de materia seca foliar por palma, los resultados de análisis de muestras de suelo y tejido foliar, la cantidad de cosecha anual y los registros de los programas de nutrición aplicados.

Estos cálculos también permiten conocer los factores que producen bajos niveles de eficiencia, para corregirlos.

En la medida en que los registros históricos son abundantes y confiables, se incrementa la precisión de los resultados obtenidos en el cálculo de la eficiencia.

Los subtemas de esta sección son:

- Determinación de cantidades totales de nutrientes

y expresión en términos de fuentes fertilizantes comerciales.

- Factores que afectan la eficiencia de la fertilización.
- Elección del método de aplicación y fraccionamiento de las fuentes fertilizantes según los requerimientos del cultivo y las condiciones edafoclimáticas.
- Cálculo de la eficiencia de la fertilización para condiciones locales.

Desarrollo del contenido

Determinación de cantidades totales de nutrientes y expresión en términos de fuentes fertilizantes comerciales

Para el desarrollo de este subtema se recomienda consultar los reportes bibliográficos sobre cantidades extraídas de nutrientes por medio de la producción de racimos, las necesidades de nivelación edáfica y los requerimientos para desarrollo vegetativo y mantenimiento de área foliar.

Factores que afectan la eficiencia de la fertilización

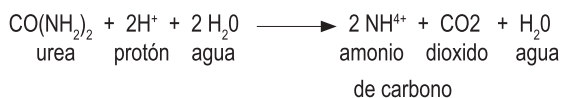
Reacción de los fertilizantes en el suelo

Volatilización de amoníaco a partir de la urea.

La urea es una de las fuentes nitrogenadas más utilizadas en el mundo debido a su accesibilidad económica, a su elevada concentración de nitrógeno (N) por unidad de producto (46% de N) y a la gran solubilidad en la solución edáfica. Sin embargo, muchas veces la eficiencia de su utilización se reduce en razón a la ocurrencia de pérdidas de N por volatilización de amoníaco (NH_3) o por fitotoxicidad provocada por el uso de dosis elevadas de este fertilizante junto con la semilla. A continuación se presentan los conceptos fundamentales para entender la dinámica de estos procesos y las estrategias disponibles para reducir su incidencia.



Si el pH es menor que 6,2 la hidrólisis de urea es la siguiente:

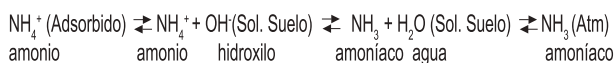


Reacción de la urea en el suelo y proceso de volatilización

Cuando se agrega urea al suelo, en suelos con pHs mayores que 6,3, ésta sufre un proceso de hidrólisis del que surgen amonio (NH_4^+) y anión bicarbonato (HCO_3^-), tal como se aprecia en la siguiente ecuación:

La hidrólisis es catalizada por una enzima denominada ureasa. Su actividad es muy importante en los residuos de cosecha y en la parte superficial de los suelos. Siguiendo el patrón de distribución de la Materia Orgánica (MO) del suelo, la mayor actividad ureásica se concentra en el estrato superficial y se reduce con la profundidad.

El amonio liberado en la hidrólisis de la urea queda en equilibrio dinámico con el amoníaco de la atmósfera:



La hidrólisis produce un incremento significativo del pH alrededor del gránulo de urea porque consume protones. Ese incremento del pH desplaza el equilibrio del amonio y del amoníaco y favorece la volatilización del NH_3 a la atmósfera.

Factores que regulan la volatilización de amoníaco

El proceso de volatilización se afecta tanto por factores del suelo como por el manejo de los fertilizantes. En la Tabla 5 se enumeran los factores que generan mayor impacto sobre la volatilización de NH_3 .

Obviamente, para que ocurra la reacción inicial de hidrólisis es necesario que exista disponibilidad de agua en el suelo. La incorporación de la urea, ya sea mediante alguna práctica de labranza o por acción del agua de lluvia o riego, reduce el N eliminado a la

atmósfera como NH_3 en razón a que el fertilizante es muy soluble en agua y se desplaza hacia una zona de menor actividad ureásica.

Factores de suelo	Factores de manejo de fertilizantes
• Actividad ureásica	• Método de aplicación
• Temperatura	• Fuente y dosis de fertilizante
• Contenido de agua	• Presencia de residuos
• pH y capacidad buffer	• Uso de inhibidores
• Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	
• Intercambio de aire	

La temperatura es un regulador de cualquier actividad biológica. Por tanto, la actividad microbiana productora de la enzima ureasa depende directamente de este parámetro, que puede ser considerable en cultivos de verano, cuando las temperaturas superan los 18 a 20° C. De todas maneras no se debe tener en cuenta sólo un factor sino las condiciones predisponentes a la ocurrencia del proceso de volatilización, que integra varios factores.

El incremento del pH alrededor del gránulo de fertilizante es, sin duda, el factor desencadenante de la volatilización de NH_3 . Suelos que poseen naturalmente pH altos (suelos alcalinos o salino-alcalinos) de por sí volatilizan significativamente más que suelos agrícolas con pH moderadamente ácidos. En suelos con mayor capacidad buffer los cambios en el pH por efecto del fertilizante son menores y la pérdida de N por volatilización es de menor cuantía.

La Capacidad de Intercambio Catiónica (CIC) de los suelos afecta la volatilización debido a que el amonio liberado de la hidrólisis de la urea queda retenido en los sitios de intercambio y queda menos disponibilidad del catión para ser volatilizado. Suelos más pesados, con mayor contenido de arcilla y/o con más materia orgánica poseen CIC más alto.

Factores de manejo de fertilizantes

La selección de la fuente influye de manera notable en la magnitud de la pérdida de N por volatilización de NH_3 . La ocurrencia de este proceso tiene lugar cuando se utiliza urea como fuente o fertilizantes que contienen urea en su composición (por ejemplo, UAN). Las fuentes que contienen amonio o nitratos en su composición no generan volatilización en suelos agrícolas.

Cuanto mayor sea la dosis de fertilizante, más amonio se producirá y, por tanto, la volatilización del NH_3 será cuantitativamente más significativa.

El método de aplicación debe ser considerado sobre todo en sistemas de siembra directa, debido a la gran actividad ureásica de los rastros en superficie. No son recomendables las aplicaciones de urea al voleo en cobertura total, sobre todo si existen otros factores predisponentes a la volatilización. En estos casos se pueden utilizar fuentes que volatilicen menos como el UAN o que prácticamente no volatilicen, como nitratos o amonio en suelos con pH moderadamente ácidos, que contienen N.

Ejercicio y/o práctica 5.1.

Determinación de las cantidades totales de nutrientes y expresión en términos de fuentes fertilizantes

Objetivo

Calcular las cantidades de nutrientes que se van a aplicar al cultivo para suplir los requerimientos por nivelación foliar, de suelos y por reposición de nutrientes extraídos por la cosecha proyectada, y su expresión en términos de fuentes fertilizantes seleccionadas.

Orientaciones para el facilitador

El ejercicio se desarrolla en cuatro etapas: la primera es puramente matemática y consiste en hacer sumas y restas de las cantidades estimadas para nivelación foliar, de suelos y de cosecha. En la segunda se expresan los nutrientes en términos de fuentes fertilizantes y en la tercera se calculan factores de eficiencia de acorde

con las fuentes escogidas y las condiciones propias de la zona ejemplo.

La segunda parte es de particular importancia dado que requiere la aplicación de conceptos técnicos y que deben ser suficientemente claros, más allá del ejercicio matemático.

Al igual que durante todo el desarrollo de la guía, es necesaria la conformación de grupos, pero se debe garantizar, así mismo, la revisión individual de manera periódica.

Cuando por condiciones de baja fertilidad de suelo sea necesario aplicar nutrientes para nivelación edáfica, éstos se deben aportar con fertilizantes o enmiendas de baja solubilidad y en este caso se tendrán dos datos: uno para aplicación por palma, y otro para aplicación por hectárea.

En la estimación de la eficiencia de las fuentes fertilizantes es necesario documentar la experiencia de investigación sobre el tema y llegar a un consenso, para cada fuente, partiendo del hecho de que ninguna fuente podría ser efectiva al ciento por ciento.

Recursos necesarios

- Cálculos de cantidades de nutrientes a aplicar por concepto de nivelación edáfica, nivelación foliar y

reposición de nutrientes extraídos por cosecha.

- Tabla con los pesos moleculares y números de valencia electrónica para los elementos químicos considerados nutrientes en palma de aceite.
- Tabla con factores de conversión de nutrientes a formas químicas expresadas en las principales fuentes fertilizantes.
- Listado de las principales fuentes fertilizantes disponibles en el mercado y su respectiva concentración de nutrientes.

Orientaciones para el participante

En la segunda parte de la hoja de trabajo usted deberá sumar las cantidades de nutrientes requeridas para Nivelación Foliar (RNF), más los requerimientos para reposición de nutrientes extraídos en la cosecha (RRC). Hasta este punto los requerimientos se han expresado en términos de nutriente elemental.

En la tercera parte de la hoja de trabajo calculará las necesidades de nutrientes en términos de fuentes fertilizantes. Usted tendrá en cuenta la oferta de fuentes en el mercado, solubilidad, viabilidad de la aplicación y costos.

Tablas o formatos

Hoja de Trabajo N° 9

Diseño y evaluación del programa de manejo nutricional en palma de aceite

A. Requerimiento total de nutrientes (forma elemental)								
Zona	Ton/ha	N	P	K	Ca	Mg	S	B
Terraza								
Piedemonte								
Vega								
B. Requerimiento total de nutrientes (forma de óxidos)								
Zona	Ton/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	B
Terraza								
Piedemonte								
Vega								

C. Requerimiento en fuentes								
Zona	Ton/ha	N	P	K	Ca	Mg	S	B
Terraza								
Piedemonte								
Vega								

Ejercicio y/o práctica 5.2.

Cálculo de la eficiencia de la fertilización para condiciones locales

Objetivo

Calcular la eficiencia de la fertilización para cada uno de los nutrientes y fuentes fertilizantes utilizadas en cada UMA o lote de una plantación.

Orientaciones para el facilitador

Es conveniente aclarar que el ejercicio es una aproximación al cálculo de la eficiencia de la fertilización, porque uno más preciso demandaría el análisis en laboratorio de todas las estructuras de la palma, procedimiento que sólo se realiza a nivel investigativo por los altos costos que ello demanda. Sin embargo, la metodología propuesta constituye una herramienta válida de seguimiento en la medida en que los procedimientos utilizados son repetitivos y basados en los resultados de algunas variables obtenidas en el campo y en el laboratorio.

También es importante que se sepa que la metodología es única y propia para cada lote o UMA y en ese sentido no se puede extrapolar a lotes diferentes y se debe aplicar cada año. Así, mientras más años analizados y más datos de campo, habrá mayor consistencia, precisión y confiabilidad en los resultados encontrados.

Es necesario contar con todos los datos requeridos como resultados históricos de análisis foliares y de suelos, registros de producción y de materia seca por palma para cada uno de los datos analizados.

Es preciso destacar que se trata de una herramienta para la toma de decisiones que debe combinar todos

los factores que intervienen en la eficiencia de los nutrientes, como la naturaleza de la fuente utilizada, el fraccionamiento, el método de aplicación o los factores climáticos presentes durante el año.

Al final del ejercicio es posible obtener resultados que podrían parecer fuera de la realidad, como es el caso de fuentes fertilizantes con eficiencias superiores al ciento por ciento. Por ello, se debe aclarar que esa situación puede obedecer a la existencia de fuentes de nutrientes que no se incorporaron en el cálculo, como el aporte realizado por cobertura de leguminosas u otras fuentes orgánicas como las tusas o debido a que la producción obtenida fue mayor a la proyectada. En tal caso se estaría ocasionando un desbalance nutricional que podría repercutir, más adelante, en un descenso de la producción.

Al igual que en las actividades anteriores se sugiere la conformación de grupos para el desarrollo del ejercicio. Se busca que los participantes con mayor conocimiento ayuden a los demás.

Recursos necesarios

- Salón con mesas y ayudas didácticas para el desarrollo del ejercicio.
- Registros de análisis de suelo, análisis foliares, materia seca y producción para por lo menos tres lotes de una plantación. Lo ideal es que sean lotes de alta, media y baja producción para comparar probables relaciones entre producción y eficiencia de los fertilizantes.
- Registros de fuentes fertilizantes aplicadas el año anterior al análisis y sus respectivas concentraciones en términos de nutrientes.

- Formatos para el cálculo de la eficiencia de la fertilización.
- Tabla de conversión de unidades de nutrientes.
- Información sobre cantidades de nutrientes extraídos por tonelada de fruto cosechado por hectárea.
- Calculadora o computador portátil.

Orientaciones para el participante

En la primera parte del formato usted encontrará los datos sobre fertilizantes aplicados para tres lotes de una misma plantación catalogados de alta, media y baja producción. Igualmente se registra la producción del último año.

El ejercicio se desarrollará inicialmente tomando los datos del lote de baja producción. Los otros dos serán utilizados para reforzar los conocimientos adquiridos.

En la segunda parte del formato usted calculará las cantidades de nutrientes aportados por palma. Para esto empleará la información de la concentración de nutrientes en las fuentes fertilizantes utilizadas y los factores de conversión para llevar estas concentraciones a términos de nutriente elemental.

En la tercera parte es necesario averiguar las cantidades de nutrientes extraídos por cosecha. Para esto se utiliza la información en términos de ton/ha. y se multiplica con los datos teóricos de extracción de nutrientes.

En la cuarta y quinta partes del formato encontrará los resultados de análisis de suelos de los dos últimos años. Esta información se aplicará en la séptima parte, donde usted calculará el cambio en la concentración de nutrientes en el tejido foliar, conforme a los resultados de materia seca. Para ello echará mano de la siguiente fórmula:

$$CNF = [(RFa1 - RFa2) * (PSF) / 100] * 1000.$$

Donde:

CNF: Cambio de Nutrientes en el tejido Foliar (g/palma)

RFa1: resultado de análisis foliar en el año anterior.

RFa2: resultados análisis foliar penúltimo año.

PSF: Peso Seco Foliar calculado para la palma (Kg/palma).

En la octava parte del formato usted sumará las cantidades de nutrientes extraídas por cosecha producida y los cambios obtenidos en el tejido foliar.

Finalmente, establecerá la eficiencia de la fertilización en términos de porcentaje. Para esto dividirá la cantidad total de nutrientes extraídos entre la cantidad de nutrientes aportados.

Tablas o formatos

Hoja de Trabajo N° 10

Cantidades de fuentes fertilizantes aportadas (g/palma)

	Ton/ha	Nitrato de amonio	DAP	KCl	MgSO ₄	Borato 48
Lote alta						
Lote media						
Lote baja	13,22	1,600	1,500	3,500	1,700	150

Cantidades de nutrientes aportados (g/palma)

		N	P	K	Mg	B
Lote alta						
Lote media						
Lote baja		718	300,84	1743	256,275	22,5

Cantidades de nutrientes extraídos por cosecha (g/palma)

		N	P	K	Mg	B
Lote alta						
Lote media						
Lote baja	13,22	449,84	58,17	766,76	132,20	17,19

Resultados de los análisis foliar año -2

		N %	P %	K %	Mg %	B ppm
Lote alta						
Lote media						
	13,22	2,48	0,14	1,11	0,14	26,51

Resultados de los análisis foliar año -1

		N %	P %	K %	Mg %	B ppm
Lote alta						
Lote media						
Lote baja	13,22	2,47	0,13	0,99	0,17	20,26

Cambio de nutrientes en el tejido foliar (g/palma)

		N	P	K	Mg	B
Lote alta						
Lote media						
Lote baja		-13	-13	-156	39	-0,81

Cantidades totales extraídas (g/palma)

	N	P	K	Mg	B
Lote alta					
Lote media					
Lote baja	436,48	45,168	610,76	171,2	16,37

Eficiencia de la fertilización %

	N	P	K	Mg	B
Lote alta					
Lote media					
Lote baja	61	15	35	67	73

Referencias bibliográficas

Recomendaciones de fertilización con N en la fase madura de la palma aceitera. Activación de enzimas y la síntesis de aceite.

ppi-far.org/ppiweb/ltamn.../Fertilización%20fase%20madura%20palma.pdf

Cultivo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* jacq.)

[borrerosesar.wikispaces.com/.../PALMA+DE+ACEITE+\(RESUMEN\).pdf](http://borrerosesar.wikispaces.com/.../PALMA+DE+ACEITE+(RESUMEN).pdf)

Manejo de la nutrición y fertilización en palma aceitera en Costa Rica

www.mag.go.cr/congreso_agronomico.../a50-6907-III_305.pdf - Similares

Todo sobre palma de aceite - Corpoica

www.corpoica.org.co/.../Cartilla500PreguntasSobrePalmadeAceite1.pdf - Similares

La eficiencia en la fertilización

www.buscagro.com/cgi-bin/mp/page.cgi?g

Evaluación de la eficiencia de la fertilización potásica

[www.ppi-ppic.org/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/.../Palma+Africana.pdf](http://www.ppi-ppic.org/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/.../Palma+Africana.pdf)

Manejo Integrado de la nutrición de la palma de aceite

www.fedepalma.org/conferencia2009/.../M1_7_Alvaro_Acosta.pdf

Dinámica de nutrientes y fertilización en siembra directa Bordoli, J. M. Curso de actualización en manejo y conservación de ... 1996 – www.fagro.edu.uy



Unidad de aprendizaje 6

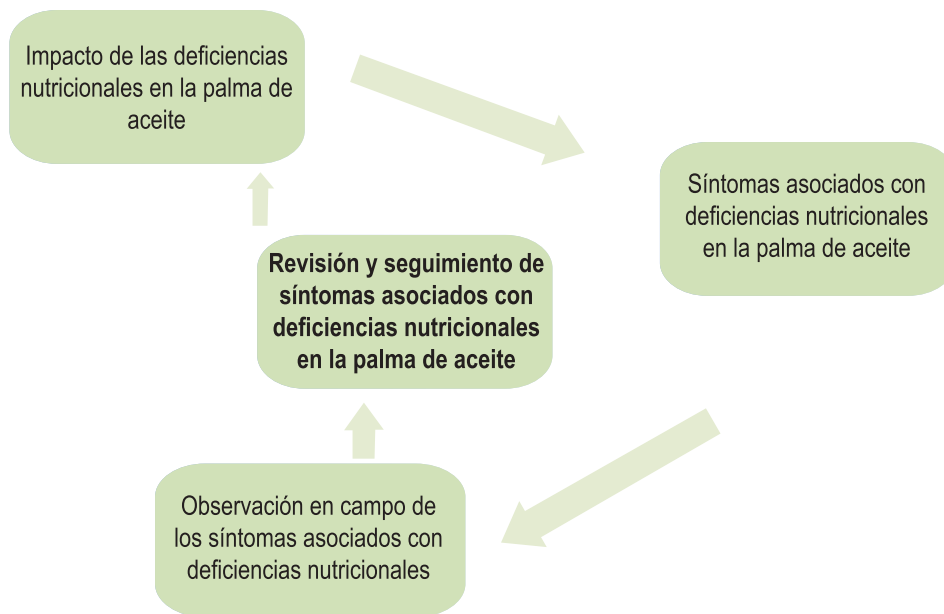
Revisión y seguimiento a síntomas asociados con deficiencias nutricionales en cultivos de palma de aceite

Presentación de la estructura de esta unidad	87
Breve explicación de la estructura de la unidad	87
Objetivos de esta unidad	87
Introducción	87
Desarrollo del contenido	88
Fisiología del comportamiento de nutrientes y su deficiencia	88
Evaluación de las deficiencias nutricionales en palma de aceite	90



Figura 6. Observación en campo de síntomas asociados con deficiencia de boro.

Presentación de la estructura de esta unidad



Breve explicación de la estructura de la unidad

La revisión y seguimiento de los síntomas asociados con deficiencias nutricionales en el cultivo de la palma de aceite comienza con la búsqueda de información relacionada con la función que desempeñan los nutrientes en el cultivo y con la determinación de los efectos fisiológicos que ocasionan la deficiencia y el exceso de ellos. Con esto se busca lograr y consolidar una fundamentación teórica sobre el tema.

En segundo lugar es conveniente revisar los síntomas que surgen como consecuencia de la deficiencia de nutrientes y conocer su comportamiento tanto a nivel interno como externo de la planta.

Para consolidar los conceptos sobre fisiología y fenología de las deficiencias se aconseja realizar una práctica de campo para identificar de forma directa

los síntomas. Los temas importantes en esta sección tienen que ver con el color, el sitio de aparición, los síntomas en el foliolo, en la hoja y en la palma.

Objetivos de esta unidad

- Realizar el seguimiento a los principales síntomas asociados con deficiencias nutricionales en la palma de aceite.
- Identificar los principales síntomas asociados con deficiencias nutricionales en la palma de aceite.
- Conocer y analizar el comportamiento fisiológico de los nutrientes en el cultivo de la palma de aceite y su efecto bajo condiciones de deficiencia.

Introducción

Los costos asociados a la correcta nutrición del cultivo de la palma de aceite representan valores cercanos al

35% de los costos variables. Por tanto, todas las medidas tendientes a conseguir este objetivo resultan relevantes en aras del aumento del uso eficiente de los recursos, de la producción y, finalmente, de la productividad.

El monitoreo permanente del programa de manejo nutricional se realiza principalmente mediante la toma y análisis periódicos de muestras foliares, de suelos y de recorridos permanentes de campo en busca de indicios relacionados con deficiencias nutricionales y que constituyen un factor de alarma para la toma de decisiones en torno al tema.

Si bien los resultados de análisis de muestras de suelos y foliares son una herramienta definitiva para corroborar el éxito o no del manejo nutricional, la principal ventaja del reconocimiento de estos síntomas es la prontitud en la adopción de medidas o correctivos que evitan daños mayores a la planta y la posibilidad de corroborar los resultados obtenidos en el laboratorio.

Lo que se plantea en esta sección de la guía metodológica es conocer de manera adecuada las principales manifestaciones de insuficiencias de nutrientes en la palma de aceite, partiendo de su fisiología de los nutrientes, como herramienta básica para la toma de decisiones en los programas de manejo nutricional.

Desarrollo del contenido

Fisiología del comportamiento de nutrientes y su deficiencia

Nitrógeno

Las plantas que crecen con bajos niveles de nitrógeno son raquíticas, su tasa de crecimiento es reducida, el desarrollo de la palma se retarda y, además, presenta una apariencia plana de la copa.

Por otra parte, son de color verde claro y muestran una clorosis general, principalmente en hojas viejas. Las hojas jóvenes permanecen verdes por períodos más largos, en razón a que reciben nitrógeno soluble de las hojas más viejas. Algunas plantas como el tomate y el maíz exhiben una coloración purpúrea en los

tallos, en los pecíolos y en la cara abaxial de las hojas, debido a la acumulación de antocianinas. La relación vástago/raíz es baja porque predomina el crecimiento radicular sobre el foliar.

Calcio

La deficiencia de calcio está generalmente asociada a efectos de acidez del suelo y muchas veces es difícil diferenciar una de la otra. El calcio se absorbe como el catión divalente Ca^{2+} y es casi inmóvil. Por esto, las deficiencias se observan primeramente en los tejidos jóvenes. Las insuficiencias de este elemento parecen tener dos efectos en la planta: causan una atrofia del sistema radical y le dan una apariencia característica a la hoja: se muestran cloróticas, enrolladas y rizadas. Se presentan raíces pobremente desarrolladas, carentes de fibras y con apariencia gelatinosa. Los síntomas se observan cerca de los ápices de crecimiento de raíces y tallos. La carencia de calcio también inhibe la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico.

Potasio

En el campo el suministro de potasio por el suelo puede ser adecuado para el crecimiento de los cultivos, siempre y cuando la provisión de nitrógeno y de fósforo sea baja; pero es insuficiente si aumentan estos elementos. De tal forma que se observan signos de carencia de K^+ , si se utilizan fertilizantes con nitrógeno y fósforo que, a su vez, ocasiona la muerte prematura de las hojas. Así como el nitrógeno y el fósforo, el potasio se traslada de los órganos maduros hacia los jóvenes, de tal forma que la escasez de este elemento se observa primero como un amarillamiento ligero en hojas viejas. En las dicotiledóneas las hojas se tornan cloróticas, pero a medida que progresa la deficiencia aparecen manchas necróticas de color oscuro. La deficiencia de K^+ se conoce comúnmente como quemadura. En muchas monocotiledóneas, como los cereales, las células de los ápices y los bordes foliares mueren primero y la necrosis se propaga hacia la parte más joven de la base foliar. Por ejemplo, el maíz bajo en K^+ presenta tallos débiles y las raíces se hacen susceptibles a infecciones por patógenos que causan su pudrición.

En la palma aceitera la ausencia o baja de K se manifiesta de diversas maneras: en forma de manchas anaranjadas; en fajas blancas en las hojas, probablemente causadas por un desbalance promovido por el exceso de N y déficit de K y B; amarillamiento difuso de las hojas intermedias que ocurre en palmas que crecen en suelos arenosos ácidos y suelos de turba, particularmente después de un periodo prolongado de clima seco. En casos severos, las hojas viejas se secan de repente y mueren.

La carencia de K se refleja primero en las hojas viejas, porque el elemento se trasloca de las hojas viejas a las jóvenes. Inicialmente se advierten unas pequeñas manchas rectangulares en los folíolos que luego se tornan de color anaranjado claro a medida que las manchas se juntan para formar una masa reticulada y dejan pasar la luz cuando se ponen contra el sol.

Las máculas frecuentemente se vuelven necróticas y pueden convertirse en lugares secundarios de infecciones patológicas antes de que las hojas se sequen.

Cuando no hay suficiente K se presentan enfermedades como marchitamiento vascular, cercóspora, ganoderma y pudrición basal del tallo; igualmente se exteriorizan otros desórdenes fisiológicos que causan la pérdida de racimos y de plantas.

Azufre

Las deficiencias de azufre en países industriales son muy raras porque el dióxido de azufre SO_2 de la atmósfera, liberado al quemar carbón, madera, gasolina y otros combustibles fósiles, es absorbido por las hojas a través de los estomas. El SO_2 se convierte en bisulfito (HSO_3) cuando reacciona con agua en las células y en esta forma inhibe la fotosíntesis y destruye los cloroplastos. Debido a que los suelos poseen suficientes cantidades de sulfatos, las deficiencias de S en la naturaleza son raras. Sin embargo, se han observado en plantaciones de pino de Australia, en campos de algodón del sudeste de los Estados Unidos, etc. En cultivos de té, en Malawi, se identificó una enfermedad llamada *Amarillamiento del té*, causada por

deficiencias de azufre; las matas presentaban hojas jóvenes cloróticas, finalmente se ponían amarillas, los bordes y los ápices foliares se volvían necróticos y se enrollaban. Se producía una muerte del ápice, seguida de una rápida defoliación.

Fósforo

Las deficiencias de fósforo se parecen mucho a las de nitrógeno. En cereales se caracterizan por un retardo en el crecimiento, las raíces se desarrollan poco y se produce enanismo en hojas y tallos. Es frecuente la acumulación de antocianina en la base de las hojas y en las hojas próximas a morir, que le dan una coloración púrpura y se reduce el número de tallos. El proceso de maduración de las plantas se retarda, mientras que las que tienen abundante fósforo maduran con más rapidez. El fosfato se redistribuye fácilmente en muchas plantas y se mueve de las hojas viejas hacia las jóvenes en las que se almacena; se acumula también en flores en proceso de desarrollo y en semillas. Como resultado de esto, las deficiencias de fósforo se observan primero en las hojas maduras.

A diferencia del N, K y Mg no se presentan síntomas de deficiencia de P fáciles de reconocer en la hoja de la palma aceitera. No obstante, las plantas con insuficiencia de P crecen lentamente, desarrollan hojas pequeñas y el tronco de la palma puede tener una pronunciada forma de pirámide.

Magnesio

La deficiencia de magnesio ocurre comúnmente en suelos ácidos, arenosos, en áreas de precipitación moderada a alta. La ausencia de Mg^{2+} se caracteriza por una clorosis en hojas viejas, principalmente entre las nervaduras. En algunas plantas la ausencia de clorofila es seguida por la aparición de otros pigmentos.

Síntomas iniciales: aparecen parches de color verde aceituna a ocre amarillo en el extremo distal de los folíolos de las hojas viejas, particularmente en aquellas expuestas a la luz solar, lo que no ocurre con las nuevas.

Síntomas severos: las hojas se vuelven de color ocre a amarillo brillante y se pueden secar.

Las áreas cloróticas pueden ser invadidas por infecciones secundarias de hongos (por ejemplo *Pestalotiopsis gracilis*) que producen manchas púrpuras en los márgenes y puntas de los foliolos.

Boro

Es uno de los elementos más inmóviles en la planta. Una vez depositado en la hoja, no es retranslocado hacia las hojas jóvenes, lo que hace que los nuevos crecimientos dependan de la absorción continua de boro del suelo. La deficiencia de boro, muy común en plantaciones de árboles de todo el mundo, causa daños serios y muerte de los meristemas apicales. Las plantas con bajo boro contienen más azúcares y pentosanos, presentan tasas más bajas de absorción de agua y transpiran más que las plantas normales. Los síntomas varían ampliamente entre unas y otras especies y reciben con frecuencia nombres descriptivos como tallos rotos (*cracked stem*) del celery, corteza interna (*internal cork*) o mancha de sequía (*drought spot*), de las manzanas, etc.

Los síntomas principales son hoja de espina de pescado, hoja de gancho y hoja pequeña, y se caracterizan por mostrar formas anormales de la hoja, particularmente en la punta. Con todo, las hojas deficientes en B son también frágiles y de color verde oscuro. Una indicación temprana de este problema es la formación de una copa plana, debido a la emergencia de hojas nuevas cada vez más cortas.

Evaluación de las deficiencias nutricionales en palma de aceite

Deficiencia de nitrógeno

La deficiencia de nitrógeno en palma de aceite se caracteriza por el amarillamiento progresivo desde las hojas más viejas a las más jóvenes. Se presenta frecuentemente en cultivos jóvenes con alta población de gramíneas o pastos, sin leguminosas, en lotes encharcados o que han sufrido quemadas frecuentes o donde no se han aplicado las cantidades necesarias de este nutriente.



Figura 7. Síntoma de deficiencia de nitrógeno.

Deficiencia de fósforo

Uno de los síntomas más relacionados con la deficiencia de fósforo en palma de aceite es el estrechamiento o reducción progresiva del diámetro o grosor del estípote, que va adquiriendo una forma piramidal. El fósforo es un elemento deficiente en la mayoría de los suelos sembrados con palma de aceite en Colombia. Por tanto, la adecuada nutrición con fósforo depende de los aportes que se hagan a través de la fertilización con fuentes orgánicas o inorgánicas.



Figura 8. Síntoma de deficiencia de fósforo.

Deficiencia de magnesio



Figura 9. Síntoma de deficiencia de magnesio.

La deficiencia de magnesio se caracteriza por el amarillamiento de las hojas bajas; el síntoma va progresando hacia las hojas más jóvenes.

Cuando la carencia es severa, las hojas se secan. Si se observa detalladamente una hoja, los folíolos más expuestos al sol aparecen amarillos, mientras que los que están a la sombra permanecen verdes.

Deficiencia de potasio



Figura 10. Síntoma de deficiencia de potasio.

Al igual que la deficiencia de magnesio, la de potasio se caracteriza por aparecer primero en las hojas más viejas. En este caso se presentan manchas de color

anaranjado que se van uniendo hasta volver completamente anaranjadas las hojas. Cuando la deficiencia es severa, igualmente se producen secamientos.

Deficiencia de boro



Figura 11. Síntoma de deficiencia de boro.

La deficiencia de boro se caracteriza por aparecer en primer lugar en las hojas más jóvenes de la palma. Los síntomas iniciales son el arrugamiento de los folíolos y el acortamiento progresivo de las hojas más jóvenes.

Reconocimiento de síntomas asociados con deficiencias nutricionales en la palma de aceite

Objetivo

Aplicar en campo los conocimientos relacionados con el comportamiento de los síntomas asociados con deficiencias nutricionales en la palma de aceite.

Identificar en campo los síntomas relacionados con deficiencias nutricionales en la palma de aceite y su diferenciación de otros síntomas.

Orientaciones para el facilitador

Para la ejecución de este ejercicio es necesario contar con un lote de palma con edades entre cinco y 10 años, para facilitar la observación de los síntomas de deficiencia. En caso de ser necesario, la práctica se puede realizar en varios lotes para mostrar la mayor cantidad de síntomas.

El primer paso para la ejecución de la práctica es identificar en campo palmas con indicios claros de las deficiencias nutricionales. Es posible que en una sola palma se observe la deficiencia de varios nutrientes, pero para facilitar el proceso de aprendizaje es deseable que prevalezca solo un tipo de deficiencia por cada una.

Es fundamental contar con resultados de análisis foliares y de suelos que apoyen las observaciones de campo, idealmente con análisis individuales foliares de nutrientes para las palmas seleccionadas. Por otra parte, es importante el registro histórico del comportamiento de nutrientes para reconocer qué tan antiguas o recientes son las deficiencias observadas.

En cada una de las palmas escogidas se describen los que estén relacionados con deficiencias. En este momento es conveniente procurar la participación del grupo, escuchar observaciones adicionales y conocer su experiencia en este tema específico. Igualmente, se traen a presente los resultados de análisis foliares y de suelos y se discute ampliamente sobre la correlación entre lo obtenido en el laboratorio y lo observado en el campo.

Posteriormente, se organizan grupos de trabajo, máximo de tres personas y a cada uno de estos grupos se les signa una línea de palma de la cual deberán escoger la que muestre deficiencias nutricionales. Mientras más se encuentren, mucho mejor.

Al final del ejercicio, cada grupo expone a los demás lo encontrado en cada una de sus líneas y se discute sobre lo observado.

Recursos necesarios

- Lote o lotes de palma de aceite con edades entre cinco y 10 años, que muestren síntomas asociados con deficiencias nutricionales.
- Resultados de análisis foliares y de suelos del lote o lotes escogidos para la ejecución de la práctica.
- Cintas para identificar líneas de palmas y palmas escogidas para la demostración de síntomas asociados con deficiencias nutricionales.

Orientaciones para el participante

En la primera parte del ejercicio usted recibirá la demostración de síntomas asociados con deficiencias nutricionales en la palma de aceite. Es muy importante empezar con un proceso de observación detallada y posteriormente con un proceso de interacción por medio del cual se formulen todas las preguntas conducentes a obtener claridad sobre los síntomas observados.

Es conveniente diferenciar lo observado de posibles síntomas similares, como falta de agua, enfermedades o ataque de plagas.

En la segunda parte usted deberá encontrar síntomas similares a los descritos en la primera parte e identificarlos para demostrarlos ante el resto del grupo.

Mientras más preguntas se generen mayor será el grado de apropiación del conocimiento.

El investigador es el mejor transferidor y el transferidor realiza el escalamiento.

Investigación para el desarrollo.

Documentos de ayuda

Guía de campo de palma aceitera, Volumen 1: Inmaduro

Guía de campo preparada específicamente para el uso práctico en el manejo diario de la palma aceitera. El volumen 2 cubre el manejo de la fase inmadura de la plantación para lograr una población uniforme de palmas productivas en cada bloque del campo.

Guía de campo de palma aceitera, Volumen 1: Maduro

Guía de campo preparada específicamente para el

uso práctico en el manejo diario de la palma aceitera. El volumen 3 cubre el manejo de la fase madura de la plantación para lograr rendimientos sostenidos de RFF a través de toda la etapa productiva del cultivo.

Guía de bolsillo de palma aceitera

Guía para técnicos a cargo del manejo de plantaciones que deseen identificar los síntomas de deficiencia en el campo, conocer algo de sus causas y como se podrían prevenir o remediar.



Anexos

Anexo 1. Evaluación final de conocimientos	97
Anexo 2. Información de retorno de la evaluación final	97
Anexo 3. Evaluación del evento	98
Anexo 4. Evaluación del desempeño del facilitador	102
Anexo 5. Plan de Acción poscapacitación	104
Anexo 6. Anexos técnicos	106

Anexo 1. Evaluación final de conocimientos

Escoja la respuesta correcta:

1. **¿De los nutrientes requeridos por la palma de aceite, cuál se relaciona más con el potencial de extracción de aceite?**
 - a. Nitrógeno
 - b. Potasio
 - c. Calcio
 - d. Magnesio
2. **La principal función del boro en la palma de aceite es:**
 - a. Diferenciación de tejidos en crecimiento
 - b. Formación de aceite
 - c. Resistencia a ataque de plagas
 - d. Formación de raíces
3. **Un nutriente relacionado con la tolerancia de la palma al estrés por falta de agua es:**
 - a. Manganeso
 - b. Azufre
 - c. Nitrógeno
 - d. Potasio
4. **Dosis balanceada de potasio y azufre, le proveen a la palma tolerancia a:**
 - a. *Rhynchophorus palmarum*.
 - b. *Retracrus elaeis*
 - c. *Atta. sp*
 - d. *Stenoma Cecropia*

5. **La presencia de este nutriente en niveles altos en el tejido foliar se relaciona con una palma establecida en suelos con problemas de drenaje:**
 - a. Zinc
 - b. Manganeso
 - c. Cobre
 - d. Hierro

Anexo 2. Información de retorno de la Evaluación final

A continuación se resumen las respuestas a las cinco preguntas planteadas en la evaluación final de conocimientos. Se sugiere que las respuestas se hagan de manera voluntaria por los participantes y de viva voz.

1. **¿De los nutrientes requeridos por la palma de aceite, cuál se relaciona más con el potencial de extracción de aceite?**

R/. El nutriente más relacionado con la extracción de aceite es el magnesio. Niveles adecuados de este nutriente contribuyen a la mayor expresión del potencial de aceite, que podría alcanzar valores cercanos al 35%. Es de aclarar que esto se presenta cuando los otros nutrientes requeridos por el cultivo se encuentran, igualmente, en niveles óptimos. La adición de cantidades indefinidas de magnesio podría resultar en un desbalance de bases, principalmente con el potasio, lo que en el corto plazo se traduciría en una reducción del peso promedio de racimos.

2. **La principal función del boro en la palma de aceite es:**

R/. Una de las principales funciones del boro es la diferenciación de los tejidos en crecimiento. Esto tiene que ver con la multiplicación de tejidos jóvenes, principalmente a nivel foliar. En ausencia

de cantidades suficientes de boro se retrasa el crecimiento de los tejidos jóvenes, y es por esto que se observan síntomas como el arrugamiento de folíolos y hojas cortas. Deficiencias severas pueden llegar a ocasionar necrosamiento de los tejidos; esto puede suceder tanto a nivel de cogollo como en los racimos.

3. Un nutriente relacionado con la tolerancia de la palma al estrés por falta de agua es:

R/. De las opciones presentadas, el nutriente más relacionado con la tolerancia a la falta de agua o el estrés hídrico, es el potasio. El potasio interviene en la regulación de los estomas y estos a su vez en el intercambio de agua y gases en la planta. La carencia de niveles adecuados de potasio se traduce en una falta de regulación del agua en la planta. Para el caso de la palma de aceite los síntomas más conectados con el estrés hídrico son el doblamiento de hojas bajas (enruanamiento) y la acumulación de flechas u hojas sin abrir.

4. Dosis balanceada de potasio y azufre, le proveen a la palma tolerancia a:

R/. Diversos estudios han mostrado la relación existente entre adecuados niveles de potasio y azufre y la menor presencia de ácaros. Adicionalmente, la palma con adecuados niveles de potasio produce racimos de mayor peso y esto de manera indirecta se traduce en la reducción de la importancia de la plaga. Aplicaciones de azufre de manera edáfica o foliar disminuyen de manera importante las poblaciones del ácaro.

5. La presencia de este nutriente en niveles altos en el tejido foliar se relaciona con palma establecida en suelos con problemas de drenaje:

R/. Bajo condiciones de alta humedad en el suelo o poca aireación, aparecen altas concentraciones de manganeso en el tejido foliar. Esto es debido a que bajo esta condición el suelo dispone de altas cantidades de manganeso. Por otra parte, los niveles de hierro disponible tanto en el suelo como en el tejido foliar disminuyen. Al existir menor cantidad de hierro disponible, la planta va tomando niveles cada vez más superiores de manganeso llegando incluso a producir toxicidad y deficiencia severa de hierro en la planta.

Anexo 3. Evaluación del evento

Guía de observación del desempeño del facilitador

Presentación

El observador del desempeño del facilitador recoge información valiosa sobre su actividad durante el desarrollo de la guía, con el propósito de formar facilitadores, y posteriormente, proporcionarle retroinformación al facilitador, además de destacar sus aciertos para compartirlos con los “facilitadores en formación”.

La guía de observación que se presenta a continuación trae una serie de descriptores del desempeño del facilitador, que le ayudan a centrar su atención en los aspectos más importantes de su ejercicio. El observador usa la guía para: (a) Recopilar información valiosa acerca del facilitador y los participantes (sus actitudes, sus expresiones, su participación, su interés, etc.). (b) Compartir esa información con el facilitador en el momento oportuno a lo largo del desarrollo de la respectiva guía, y (c) Difundir los aciertos del facilitador con los participantes que luego ejercerán ese rol.

La actitud de los facilitadores con relación a los observadores debe ser de “atención a sus observaciones, discusión de sus recomendaciones y cambio oportuno del curso de acción cuando sea necesario”. Para todos debe ser claro que el trabajo de los observadores es de *apoyo entre colegas* y, por tanto, su objetivo debe ser mejorar la calidad del proceso de facilitación.

Los facilitadores/investigadores tienen ahora la singular responsabilidad de servir de modelos de actuación de los facilitadores en formación, y por ello los observadores hacen importantes contribuciones para que ese modelaje sea el más adecuado posible.

La escala es: 1= Amerita una recomendación 2 = Adecuado, 3 = Excelente y NO = No se observó.

Cada vez que un aspecto no pueda observarse, sea porque el facilitador no lo incluyó o el observador no pudo ver su ejecución, deberá marcarse una X en la casilla NO.

Los observadores deben llenar el espacio para observaciones. El puntaje bajo (1) en alguno de los aspectos obligaría al observador a formular una reco-

mendación. Sin embargo, también pueden incluirse anotaciones sobre los aspectos positivos.

Datos generales

Nombre de la guía:
Autor (es):
Nombre del observador:
Fecha:

Instrumento de observación

Aspectos que se observarán	Escala			
	1	2	3	NO
Preparación de los participantes para el aprendizaje.				
El facilitador:				
1. Organizó una presentación suya, de los participantes y de la guía, que se percibió como dinámica y completa.				
2. Exploró las expectativas de los participantes y las contrastó con los objetivos de la capacitación. Se aclararon los objetivos.				
3. Realizó la exploración inicial de conocimientos (autoevaluación) y la respectiva retroinformación de manera dinámica, aprovechando la oportunidad para ir introduciendo los temas de la capacitación.				
4. Presentó la estructura general de aprendizaje de la guía y la forma como los facilitadores y los participantes en la capacitación deben usarla para facilitar el aprendizaje.				
Observaciones:				
Desarrollo de las Unidades de aprendizaje				
Unidad de Aprendizaje N° _____.	1	2	3	NO
El facilitador:				

5. Realizó una introducción motivadora de la Unidad de aprendizaje (UA) y de su importancia para el manejo del cultivo o de la poscosecha. Usó las preguntas orientadoras para estimular la participación y explorar los conocimientos de los participantes y presentó la estructura de aprendizaje para introducir los temas respectivos.				
6. Desarrolló el tema inicial de la UA apoyándose en la guía y en imágenes de PPT u otras ayudas (rotafolios, tableros, etc.).				
7. Los participantes siguieron las explicaciones en la guía y formularon preguntas a lo largo de la presentación o en momentos que el facilitador destinó para la participación.				
8. En caso necesario hizo referencia a Anexos Técnicos de la guía, a la bibliografía y a las prácticas y ejercicios que seguirían a su presentación del tema.				
9. Presentó el respectivo ejercicio o práctica y su objetivo, y revisó detenidamente las instrucciones para su realización, organizando a los participantes y facilitando los materiales necesarios.				
10. Facilitador y participantes dispusieron de todos los elementos (hojas de trabajo, instrumentos, insumos, equipo, etc.) necesarios para la práctica.				
11. La práctica se realizó sin tropiezos y dentro del tiempo estipulado. No hubo retrasos en el desarrollo de las actividades. Los participantes completaron la práctica o ejercicio en forma adecuada y presentaron los resultados.				
12. Los participantes realizaron la práctica en forma dinámica, cooperativa, distribuyendo responsabilidades y trabajando en forma eficiente.				
13. El facilitador condujo la sesión de retroinformación para revisar los resultados de la práctica, destacar los aspectos importantes, ampliar conceptos y recomendaciones y dar relevancia a los resultados positivos del trabajo realizado por los participantes.				
Observaciones:				
Desarrollo de las Unidades de aprendizaje				
Unidad de Aprendizaje N° ____.	1	2	3	NO
14. Realizó una introducción motivadora de la Unidad de Aprendizaje (UA) y su importancia para el manejo del cultivo o de la poscosecha. Usó las preguntas orientadoras para estimular la participación y explorar los conocimientos de los participantes, y presentó la estructura de aprendizaje para introducir los temas respectivos.				

15. Desarrolló el tema inicial de la UA apoyándose en la guía y en imágenes de PPT u otras ayudas (rotafolios, tableros, etc.).				
16. Los participantes siguieron las explicaciones en la guía y formularon preguntas a lo largo de la presentación o en momentos que el facilitador destinó para la participación.				
17. En caso necesario hizo referencia a Anexos Técnicos de la guía, a la bibliografía y a las prácticas y ejercicios que seguirían a su presentación del tema.				
18. Presentó el respectivo ejercicio o práctica y su objetivo, y revisó detenidamente las instrucciones para su realización, organizando a los participantes y facilitando los materiales necesarios.				
19. Facilitador y participantes dispusieron de todos los elementos (hojas de trabajo, instrumentos, insumos, equipo, etc.) necesarios para la práctica.				
20. La práctica se realizó sin tropiezos y dentro del tiempo estipulado. No hubo retrasos en el desarrollo de las actividades. Los participantes completaron la práctica o ejercicio en forma adecuada y presentaron los resultados.				
21. Los participantes realizaron la práctica en forma dinámica, cooperativa, distribuyendo responsabilidades y trabajando en forma eficiente.				
22. El facilitador condujo la sesión de retroinformación para revisar los resultados de la práctica, destacar los aspectos importantes, ampliar conceptos y recomendaciones y dar relevancia a los resultados positivos del trabajo realizado por los participantes.				
Observaciones:				
Unidad de Aprendizaje N° ____.	1	2	3	NO
23. Realizó una introducción motivadora de la Unidad de Aprendizaje (UA) y su importancia para el manejo del cultivo o de la poscosecha. Usó las preguntas orientadoras para estimular la participación y explorar los conocimientos de los participantes, y presentó la estructura de aprendizaje para introducir los temas respectivos.				
24. Desarrolló el tema inicial de la UA apoyándose en la guía y en imágenes de PPT u otras ayudas (rotafolios, tableros, etc.).				
25. Los participantes siguieron las explicaciones en la guía y formularon preguntas a lo largo de la presentación o en momentos que el facilitador destinó para la participación.				

26. En caso necesario hizo referencia a Anexos Técnicos de la guía, a la bibliografía y a las prácticas y ejercicios que seguirían a su presentación del tema.				
27. Presentó el respectivo ejercicio o práctica y su objetivo, y revisó detenidamente las instrucciones para su realización, organizando a los participantes y facilitando los materiales necesarios.				
28. Facilitador y participantes dispusieron de todos los elementos (hojas de trabajo, instrumentos, insumos, equipo, etc.) necesarios para la práctica.				
29. La práctica se realizó sin tropiezos y dentro del tiempo estipulado. No hubo retrasos en el desarrollo de las actividades. Los participantes completaron la práctica o ejercicio en forma adecuada y presentaron los resultados.				
30. Los participantes realizaron la práctica en forma dinámica, cooperativa, distribuyendo responsabilidades y trabajando en forma eficiente.				
31. El facilitador condujo la sesión de retroinformación para revisar los resultados de la práctica, destacar los aspectos importantes, ampliar conceptos y recomendaciones y dar relevancia a los resultados positivos del trabajo realizado por los participantes.				
Observaciones:				

¹Diseñado por V. Zapata, octubre de 2009

Nota: Para sus observaciones sobre otras Unidades de Aprendizaje, utilice un nuevo formulario.

Anexo 4. Evaluación del desempeño del facilitador (o gestor de conocimientos)

Formato para la Evaluación de las guías como instrumentos de capacitación¹

Apreciado participante:

Este formato está dirigido a usted, como usuario de la guía que le hemos entregado en la presente capacitación. Le rogamos usar unos minutos de su tiempo para calificarla con respecto a sus diferentes componentes:

(a) El contenido. (b) El diseño editorial. (c) El enfoque metodológico que se aplica. (d) La utilidad del material para la extensión y la capacitación. (e) Los requerimientos de recursos para utilizarla. (e) El nivel de conocimiento previo exigido para entenderla y usarla, y (f) Otros aspectos que usted considere relevantes.

Para evaluar la guía, simplemente marque una X en la casilla que corresponde a su percepción acerca del grado cómo se expresa el descriptor, usando la escala Alto, Medio, Bajo, para calificar.

***Descripción de la guía:** La guía que usted se dispone a evaluar es un material específicamente diseñado para realizar procesos de extensión en palma de aceite. También es adaptable a situaciones de capacitación y educación en universidades y centros de formación tecnológica. Su estructura está fundamentada en el dominio de las habilidades para la aplicación de la tecnología a la cual se refiere. Este es un documento para facilitar la capacitación y la asistencia técnica. Su contenido se basa en hallazgos de investigaciones realizadas por científicos dedicados al estudio de la palma de aceite, especialmente en Colombia, pero también consulta la investigación a nivel mundial.*

Aspecto a evaluar	Descriptorios	Evaluación		
		Alto	Medio	Bajo
1.0. Contenido científico de la guía	1.1. El contenido está actualizado de acuerdo con lo que yo sé acerca de este tema.			
	1.2. El contenido es valioso desde el punto de vista de mis necesidades de conocimiento. Encuentro en la guía conocimientos nuevos y valiosos.			
	1.3. El contenido está claramente expuesto. Entiendo todo lo que allí se expone			
	1.4. Contiene referencias bibliográficas y vínculos útiles para ampliar el conocimiento sobre el tema.			
2.0. Diseño editorial y gráfico de la guía	2.1. La forma como está diseñada facilita la comprensión del contenido. Se hace fácil su lectura y uso.			
	2.2. El diseño realmente me ayuda a aprender el tema que se expone.			
	2.3. La forma como está diseñada estimula a usarla durante la capacitación.			
	2.4. El diseño del material es agradable desde el punto de vista gráfico (imágenes, tablas, cuadros, fotos, etc.).			
3.0. Enfoque metodológico que se aplica en la guía	3.1. Presenta una metodología (organización, estructuras, ejercicios, retroinformaciones, etc.) que facilita el aprendizaje.			
	3.2. Contiene las orientaciones que uno necesita para realizar las prácticas fácilmente.			
	3.3. Algunas de las estrategias (como las estructuras de aprendizaje, los cuestionarios, los anexos, etc.) ayudan en la comprensión del tema.			
	3.4. Los ejercicios y prácticas son muy buenos para desarrollar habilidades necesarias para el manejo de la tecnología expuesta.			
4.0. Utilidad de la guía en la Extensión y la Capacitación	4.1. Es muy útil para realizar las actividades de extensión que debo llevar a cabo.			
	4.2. Es útil para diversos tipos de audiencias (profesionales, extensionistas, técnicos, etc.).			
	4.3. Es útil para aprender y también para enseñar.			
	4.4. Es útil como material de campo.			

Aspecto	Descriptor	Alto	Medio	Bajo
5.0. Desarrollo de la guía y requerimiento de recursos para su empleo	5.1. Pudo emplearse plenamente porque se contó con el ambiente de aprendizaje (aula, laboratorio, plantación, planta, insumos, materiales de trabajo, etc.) que se requería.			
	5.2. Describe con claridad los insumos, materiales y equipos necesarios para realizar las actividades de aprendizaje.			
	5.3. Los ambientes usados para desarrollarla contaban con ejemplos y especímenes de sujetos y objetos (i.e. presencia de plagas, presencia de daños) a los que se refería la capacitación.			
	5.4. Pudo desarrollarse porque se contó con los equipos necesarios para llevar a cabo las experiencias de aprendizaje.			
6.0. Requerimientos para poder entender y usar la guía	6.1. Requiere que los participantes en la capacitación tengan un conocimiento general básico de los procesos que presenta.			
	6.2. Hace los aportes teóricos y prácticos necesarios para el manejo de la tecnología a la que se refiere.			
	6.3. Para su adecuado manejo se requiere de equipos, materiales e insumos que están disponibles en las instalaciones donde trabajan los extensionistas.			
	6.4. La tecnología presentada es comprensible por especialistas y generalistas.			
7.0. Otro aspecto relevante para usted	7.1. (Descriptor)			
	7.2. (Descriptor)			

Gracias por sus respuestas.

Anexo 5. Plan de Acción poscapacitación

Apreciado participante:

Estamos seguros de que al finalizar la capacitación a la que ha asistido, tiene en mente aplicar en su plantación los conocimientos adquiridos, de manera que pueda superar los problemas relacionados con este tema.

Diversas instituciones utilizan el término *Plan de Acción* para referirse a distintos tipos de actividades. En el caso del proceso de transferencia tecnológica en Cenipalma, el Plan de Acción es una formulación acerca de cómo se espera aplicar en las plantaciones la tecnología sobre la que usted ha recibido la capacitación, además de transferir estos conocimientos a otros técnicos, productores y personal con el que usted se relaciona en la producción o en la posproducción de la palma de aceite.

Capacitación recibida sobre diseño y evaluación del programa de manejo nutricional en palma de aceite

1. Caracterización institucional

Institución, plantación u organización que usted representa:	
Ubicación (dirección) de la plantación, institución u organización:	
Teléfono/ Fax:	
E-mail:	
Gerente o representante legal de la institución, plantación u organización:	
Nombres de los técnicos responsables de este Plan de Acción:	
Grupos o personas que se beneficiarán de las actividades de este Plan de Acción:	
Justificación de la aplicación de la tecnología:	
Zona/municipio donde se aplicará la tecnología:	

2. ¿Qué resultados se espera lograr con la tecnología que se ha aprendido a aplicar en esta capacitación? Es decir, ¿cuál es la situación deseada después de que se haya aplicado la tecnología estudiada?

3. Objetivos específicos de la aplicación y estrategias para lograrlos (incluir la capacitación a otros técnicos, productores y demás personal)

Objetivos que persigue este Plan de Acción	Estrategias mediante las cuales se espera lograr los objetivos

4. Cronograma de las actividades del Plan

Actividades	Mes del año: _____											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

5. Respaldo institucional para el Plan de Acción

Los abajo firmantes nos comprometemos a dar el apoyo necesario a los responsables del Plan de Acción descrito para realizar las actividades programadas y hacerles el seguimiento para conocer los resultados obtenidos.

Jefe

Supervisor

Responsable del Plan

Responsable del Plan

Fecha: _____

Anexo 6. Anexos Técnicos

Anexo Técnico 1: Conversión de unidades en el suelo. Ejercicios de práctica.

Parámetros edáficos

Edna Garzón
Cenipalma.

Objetivos

Manejar con solvencia los diferentes parámetros edáficos, así como sus unidades y conversión.

Resolver problemas de común ocurrencia, cuando se trata de interpretar los análisis del suelo o de la planta y de recomendar fertilizantes y cal.

Desarrollo

Parámetros del suelo de naturalezas química y física

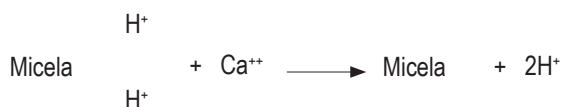
1. Parámetros químicos

1.1. El miliequivalente por 100 g de suelo (meq/100 g) igual a cmol (+). kg^{-1}

Tiene su base en el concepto de peso equivalente o

peso de combinación, que se define como el peso de un elemento que puede combinarse con un átomo de hidrógeno. El peso atómico del H^+ es igual a la unidad, el peso equivalente de otro átomo será igual al peso atómico dividido entre la valencia.

Para el caso de los suelos, el concepto de peso equivalente se entiende mejor con base en las reacciones de intercambio catiónico.



Para desplazar dos átomos de hidrógeno, se necesitó un átomo de calcio, en razón a su condición divalente. Por consiguiente para desplazar un átomo de hidrógeno se necesitará $\frac{1}{2}$ átomo de calcio que, traducido a cifras, sería:

$$\text{Ca: } 40. \quad \frac{1}{2} \text{ Ca} = 40/2 = 20 \text{ g.}$$

De donde el peso equivalente del Ca (necesario para desplazar un átomo de H^+) será de 20 g.

El miliequivalente es la milésima parte de un equivalente. Para el ejercicio del calcio, un miliequivalente pesará:

$$1 \text{ meq Ca} = 1 \text{ equivalente}/1000 = 20 \text{ g}/1000 = 0,002 \text{ g}$$

La concentración de cationes cambiables del suelo se expresa en términos de miliequivalentes por cada 100 g de suelo seco.

Un suelo que contenga Calcio de 3 meq/100 g de suelo, se podrá decir que tiene (¿g de Calcio por 100 g de suelo?):

$$(3 \text{ meq}/100 \text{ g}) * 0,02 \text{ g} / 1 \text{ meq} = 0,06 \text{ g de Calcio por } 100 \text{ g de suelo.}$$

Ejercicio 1: establecer el peso de un miliequivalente de los siguientes cationes:

Mg^{++} , peso atómico 24 (1 equivalente de $Mg = 24/2=12 \text{ g}$, 1 miliequivalente de $Mg = 0,012 \text{ g}$).

K^+ , peso atómico 39,096 (1 equivalente de $K = 39/1=12 \text{ g}$, 1 miliequivalente de $K = 0,039 \text{ g}$).

Na^+ , peso atómico 23 (1 equivalente de $Na = 23/1=23 \text{ g}$, 1 miliequivalente de $Na = 0,023 \text{ g}$).

H^+ , peso atómico 1 (1 equivalente de $H = 1/1=1 \text{ g}$, 1 miliequivalente de $Na = 0,001 \text{ g}$).

O^- , 16 (1 equivalente de $O = 16/2= 8 \text{ g}$, 1 miliequivalente de $O = 0,008 \text{ g}$).

Al^{+++} , 27 (1 equivalente de $Al = 27/3 = 9 \text{ g}$, 1 miliequivalente de $Al = 0,009 \text{ g}$).

Si 1 meq/100 g de suelo es igual a 1 cmol. kg^{-1} de suelo entonces ¿cuánto vale un cmol?

La CIC se expresa también en meq/100 g, entonces si un suelo tiene una CIC de 20 meq/100 g se interpretará que cada 100 g de peso seco de tal suelo está en capacidad de almacenar un máximo de 20 meq de cationes.

1.2. La partes por millón (ppm) igual a $mg \cdot kg^{-1}$

Esta es otra unidad que denota concentración y se utiliza para expresar el contenido de un nutriente, tanto en el suelo como en los tejidos. No es frecuente usarla para los contenidos de cationes en el suelo, pero sí cuando queremos expresar sus concentraciones totales. Las concentraciones de P aprovechable y N aprovechable se expresan usualmente en ppm.

Las partes por millón expresan partes del elemento por cada millón de partes del suelo.

10 ppm de Ca indican 10 g del elemento por cada millón de gramos de suelo, o bien 10 kg de Ca, por cada millón de kg de suelo.

$1 \text{ ppm} = mg \cdot kg^{-1} = 1 \text{ mg del elemento por } 1 \text{ kg de suelo} = 1 \text{ mg del elemento por cada } 1.000,000 \text{ mg de suelo.}$

Con frecuencia se requiere convertir meq/100 g de suelo a ppm o viceversa; el razonamiento es sencillo.

Ejercicio 2. Cuántas ppm corresponden a una concentración de Mg de 4 meq/100 g.

$1 \text{ meq}/100 \text{ g} = 0,012 \text{ g} \times 4 = 0,048 \text{ g de Mg por cada } 100 \text{ g de suelo.}$

0,048 g de Mg en 100 g de suelo.

X en 1000000 g de suelo.

X= 480 ppm de Mg.

Ejercicio 3. Si el análisis de un suelo arroja un contenido de 400 ppm de Calcio cambiabile, ¿cuál será su concentración en términos de meq/100 g?

En 106 g de suelo hay: 400 g de Ca

En 102 g de suelo: X

$X = (400 \times 102)/106 = 0,04$ g de Ca.

0,02 g/100 g es equivalente a 1 meq/100 g.

0,04 g de Ca equivalen a X

X = 2 meq/100 g

En concentración de contenido de nutrientes en tejidos vegetales, la relación se da en partes del elemento por cada millón de partes de tejido vegetal, con base en peso seco.

Ejercicio 4. En una muestra de tejido vegetal se determinó una concentración de 10 ppm de cobre. Si el peso seco total de la planta fue de 10 g, ¿cuántos mg de Cu había en ella?

10 g de Cu en 1000000 g de peso seco de la planta.

X en 10 g de peso seco

$X = (10 \times 10) / 1000000 = 0,0001$ g de Cu.

1 g = 1000 mg, entonces $0,0001 \times 1000 = 0,1$ mg de Cu.

En soluciones nutritivas o extractos de suelo una ppm se define como un microgramo del elemento por

cada mililitro de la solución o del extracto, o también un mg del elemento por cada litro de solución.

Ejercicio 5. En un extracto de suelo cuyo volumen es de 200 ml se determinaron 60 ppm de P, ¿cuántos miligramos del elemento habrá en el extracto?

60 ppm = 60 mg de P en 1 litro de extracto.

60 mg de P en 1000 ml.

X en 200 ml.

$X = (60 \times 200)/1000 = 12$ mg de P.

1.3. El porcentaje (%), ahora se utiliza $g.kg^{-1}$

El contenido de M.O, nitrógeno total, C.O.

El % expresa el contenido de un elemento o un material en términos de g del mismo por cada 100 g de suelo o de 100 g de peso seco de tejido vegetal.

Su manejo es análogo al de las partes por millón.

1.4. Cálculos secundarios (relaciones entre bases) y saturación del complejo de cambio

Ca	Mg	K	
cmol(+)/kg			
5	3	0,5	
(Ca + Mg)/K	8 / 0,5	16	Correcto
(Ca + Mg)/K	5 + 3 / 0,5	11	Incorrecto

CICE, saturaciones del complejo de cambio y relaciones entre cationes

C.I.C.	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	Aluminio	CICE
cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg
16,6	0,29	10,8	4,80	0,30	0,04	16,2
Suma						
Bases						
cmol(+)/kg	16,1					

		Base CICE	Base CICA
Sat de Bases	%	99,8	97,3
Sat K	%	1,79	1,75
Sat Ca	%	66,4	64,8
Sat Mg	%	29,7	28,9
Sat Na	%	1,85	1,8
Sat Al	%	0,25	0,2
Ca:Mg		2,24	
K:Mg		0,06	
(Ca+Mg)/K		53,6	

Conversión a óxidos

	Peso atómico	Peso molecular
B ₂	10,82	21,64
O ₃	16	48
		69,64
Peso molecular		Peso de B
B ₂ O ₃	69,64	21,64
	1	X
	X =	0,31
Peso molecular		Peso de B
B ₂ O ₃	69,64	21,64
	X	1
	X =	3,22

Factores de conversión

Valor	de	A	por	Resultado
0	N	NO ₃	4,43	0
0	N	NH ₄	1,28	0
0	P	P ₂ O ₅	2,29	0
0	K	K ₂ O	1,2	0
0	KCl	K ₂ O	0,63	0
0	Ca	CaO	1,4	0
0	CaCO ₃	CaO	0,56	0
0	Mg	MgO	1,67	0
0	MgO	MgSO ₄	3	0
0	MgO	MgCO ₃	2,08	0
0	S	SO ₄	3	0
0	B	B ₂ O ₃	3,22	0

Valor	de	A	por	Resultado
0	NO ₃	N	0,226	0
0	NH ₄	N	0,78	0
0	P ₂ O ₅	P	0,44	0
0	K ₂ O	K	0,83	0
0	K ₂ O	KCl	1,58	0
0	CaO	Ca	0,714	0
0	CaO	CaCO ₃	1,78	0
0	MgO	Mg	0,6	0
0	MgSO ₄	MgO	0,33	0
0	MgCO ₃	MgO	0,48	0
0	SO ₄	S	0,33	0
0	B ₂ O ₃	B	0,31	0

Algunas unidades del Sistema Internacional de Unidades

- Longitud, unidad SI es el metro (m)
- Masa, unidad SI es el kilogramo (kg)
- Tiempo, unidad SI es el segundo (s)

Unidades derivadas

- Área, metro cuadrado (m²)
- Volumen, metro cúbico (m³)
- Velocidad, metro por segundo (m.s⁻¹)
- Presión, pascal (Pa)

Conversiones

1	M	Micrón (u)	1.000.000
1	M	nanómetro (nm)	1.000.000.000
1	m ³	L	1000
1	megagramo (Mg)	Ton	1
1	megagramo (Mg)	Kg	1000
1	cmol(+)/kg	meq/100g	1
1	g/kg	%	0,1
1	$\frac{m}{g/kg}$	ppm	1
1	Bar	MPa	0,1
1	Bar	kPa	100
1	Bar	Pa	100000
1	mmho/cm	dS/m	1

Múltiplos y submúltiplos de las unidades del SI se forman con prefijos

10 ⁹	Giga	G	10 ⁻¹	deci	D
10 ⁶	mega	M	10 ⁻²	centi	C
10 ³	Kilo	k	10 ⁻²	mili	M
10 ²	hecto	h	10 ⁻⁶	micro	U
10 ¹	Deca	da	10 ⁻⁹	nano	N
			10 ⁻¹²	pico	P

1	micrón (u)	micrón (u)	0,000001
1	nanómetro (nm)	nanómetro (nm)	0,000000001
1	L	L	0,001
1	ton	ton	1
1	kg	kg	0,001
1	meq/100g	meq/100g	1
1	%	%	10
1	ppm	ppm	1
1	MPa	MPa	10
1			
1	Pa	Pa	0,00001
1	dS/m	mmho/cm	1

2. Parámetros físicos

Los de mayor utilización

2.1. Peso de una hectárea

El peso de una hectárea es función de la profundidad radicular o profundidad de arada y de la densidad aparente del suelo, la cual a su vez depende de la mineralogía del suelo, porosidad, contenido de materia orgánica y textura, entre otros.

Generalmente se toma una profundidad de 20 cm, pero en ocasiones se utilizan valores mayores a 25 ó 30 cm.

La densidad aparente de los suelos presenta un rango amplio, como ejemplo entre 0,4 y 1,8 g.mL. Significa que 1 mL o 1 cm³ de suelo pesa 1,8 gramos de suelo seco.

Ejercicio 6. ¿Cuál será el peso de una hectárea para 15 cm de profundidad si su DA es de 1 g.mL⁻¹?

$$P = V \times DA$$

$$V = 100 \times 100 \times 0,15 \text{ m} = 10000 \times 0,15 = 1500 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 1000000 \text{ mL}, \text{ entonces } 1500 \text{ m}^3 \times 1.000.000 = 1500.000.000 \text{ mL} = 15 \times 10^8 \text{ mL}.$$

$$P = 1,5 \times 10^9 \text{ mL} \times 1 \text{ g.mL}^{-1} = 1,5 \times 10^9 \text{ g}.$$

$$P = 1,5 \times 10^6 \text{ kg. ha}^{-1}$$

$$P = 1.500.000 \text{ kg. ha}^{-1} = 1500 \text{ t. ha}^{-1}$$

Si tomamos el valor promedio de densidad $1,333 \text{ g.mL}^{-1}$, entonces el peso sería de 2000 t.ha^{-1} , estaríamos 500 kg por debajo del valor real, entonces la DA es una propiedad que podemos medir o mandar a determinar en el laboratorio.

2.2. Kilogramos por hectárea

Con fines de diagnóstico y manejo de suelos, la expresión de nutrientes en kg. ha^{-1} es muy útil. Ej. kg de MO por ha, kg de un nutriente por ha, kg de agua.

Ejercicio 7. ¿Cuántos kg. ha^{-1} de MO tiene un suelo, cuyo análisis arrojó un contenido del 5% de MO y el peso es de $2.000.000 \text{ kg. ha}^{-1}$?

En 100 kg de suelo hay 5 kg de MO

En $2.000.000 \text{ kg}$ de suelo X

$$X = 100.000 \text{ kg. ha}^{-1} \text{ de MO}$$

Ejercicio 8. Un suelo cuyo peso es de $1.500.000 \text{ kg.ha}^{-1}$ tiene 20% de agua aprovechable en peso. ¿Cuál es el volumen de agua en m^3 ?

100 kg de suelo tiene 20 kg de agua

$1.500.000 \text{ kg}$ de suelo X

$X = 300.000 \text{ kg.ha}^{-1}$ de agua

D.A agua = 1 kg.L

$X = 300.000 \text{ L}$

1 m^3 tiene 1000 L , entonces

$X = 300 \text{ m}^3$ de agua.

Ejercicio 9. El análisis de un suelo muestra 20 mg.kg^{-1} de P aprovechable. En una hectárea de 800.000 kg , ¿cuántos kg de P aprovechable existen?

1 kg de suelo hay $0,00002 \text{ kg}$ de P

800.000 kg de suelo X

$X = 16 \text{ kg}$ de P por hectárea.

Ejercicio 10. El análisis de un suelo señaló una concentración de $0,26 \text{ cmol(+)}/\text{kg}$ de K aprovechable. En una hectárea de $1.500.000 \text{ kg}$, ¿cuántos kg de K aprovechable existen?

$1 \text{ cmol(+)}/\text{kg} = 0,039 \text{ g}/100 \text{ g}$ de suelo

$0,26 \text{ cmol(+)}/\text{kg} = 0,01014 \text{ g}$ de K en $0,1 \text{ kg}$ de suelo

$0,1 \text{ kg}$ de suelo contiene $0,01014 \text{ g}$ de K

$1.500.000 \text{ kg}$ de suelo X

$X = 152474,4 \text{ g}$ de K = $152,47 \text{ kg.ha}^{-1}$ de K.

El manejo adecuado de la nutrición en la palma de aceite se constituye en un paso importante hacia la productividad y sostenibilidad del cultivo, en la medida en que a través del uso apropiado de las herramientas para nutrir adecuadamente la planta, es posible obtener un aumento importante de los rendimientos, mejorar la tolerancia a plagas y enfermedades, disminuir el impacto de efectos climáticos adversos, tales como sequía o inundación y, en últimas, obtener la viabilidad técnica y económica del cultivo. El principal objetivo de la presente guía metodológica es poner a disposición de los profesionales encargados o interesados en manejar la nutrición en la palma de aceite, las herramientas necesarias para diseñar y evaluar un programa nutricional, teniendo en cuenta: el conocimiento de los suelos, el comportamiento fisiológico de la planta, la fluctuación de los niveles de nutrientes en el tejido foliar, los estimativos de producción, la reposición de nutrientes extraídos y la eficiencia de los nutrientes y fuentes fertilizantes escogidas. Todo lo anterior, desarrollado bajo un sistema metodológico descriptivo que busca facilitar la apropiación del conocimiento mediante la participación activa de quienes tienen interés en el tema. La combinación de los conocimientos teóricos con la aplicación de un proceso metodológico para el diseño del programa de manejo nutricional, más la experiencia técnica propia y compartida en el proceso de aprendizaje, deben dar como resultado una mayor efectividad y eficiencia agronómica al momento de realizar las recomendaciones de manejo nutricional, en un proceso dinámico permanente sustentado en el aprendizaje continuo en campo y en la actualización constante del conocimiento científico.

Centro de Investigación en Palma de Aceite

Calle 20A N° 43A - 50 Piso 4 Bogotá D.C.

PBX: 208 6300 Fax: 244 4711

www.cenipalma.org