

FALLA DE ORIGEN



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN



12 es
2021
MAY 20 2021
MEXICO

“USO EFICIENTE DE LOS FERTILIZANTES”

TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRICOLA

P R E S E N T A :

LUIS MARTIN DELGADO CALDERON
ASESOR: MENC JOSE EDVINO JOSAFAT VEGA ROJAS.



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

Introducción.

- I. Revisión Bibliográfica.**
- I.1 ¿Por qué usar fertilizantes?.**
- I.2 Nutrientes requeridos por las plantas.**
- I.3 Fertilidad de suelo y como mejorarla.**
- I.4 Cambios en el pH del suelo por encalado.**
- I.5 Principales beneficios de la materia orgánica.**
- I.6 Fertilizantes Orgánicos.**
- I.7 Fertilizantes Químicos.**
- I.8 Método de Producción.**
- I.9 Fertilizantes Nitrogenados.**
- I.10 Fertilizantes de Liberación Lenta.**
- I.11 Fertilizantes Fosfatados.**
- I.12 Fertilizantes Potásicos.**
- I.13 Elementos Secundarios.**
- I.14 Elementos Menores o Microelementos.**

- II. Diagnostico sobre fertilidad de suelo.
- II.1 Diagnostico de requerimientos de fertilizantes y prácticas para determinarlos.
- II.2 Diagnostico por medio de la observación de la planta.
- II.3 Diagnostico por análisis de suelo.
- II.4 Procedimiento para muestrear el suelo.
- II.5 ¿Qué elementos se analizan normalmente?.
- II.6 ¿Cómo interpretar el análisis del suelo?.
- II.7 Recomendaciones basadas en el análisis de suelo.
- II.8 Análisis Foliar.
- II.9 Razones para usar el análisis foliar.
- II.10 Factores que afectan la concentración de nutrientes en las plantas.
- III. Resultado de los análisis de suelo.
- IV. Conclusión y Recomendaciones.
- V. Anexos.
- VI. Bibliografía.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: OFICIO DE TERMINACION
DE LA PRUEBA ESCRITA.

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
PRESENTE

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S.-C.

Con base en los art. 19 y 20 del Reglamento General de Exámenes, informo a ud., que ha sido
concluido el trabajo DE SEMINARIO: TOPICOS SELECTOS DE LA PRDUCCION
AGRICOLA ACTUAL. USO EFICIENTE DE LOS FERTILIZANTES.

que presenta EL pasante: LUIS MARTIN DELGADO CALDERON
con número de cuenta: 7508553-9 para obtener el TITULO de:
INGENIERO AGRICOLA

Bajo mi asesoría, cubriendo los requisitos académicos.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 20 de FEBRERO de 1995.

[Firma]
NOMBRE Y FIRMA DEL ASESOR

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN

[Firma]
V. B.
DEPARTAMENTO DE EXAMENES
PROFESIONALES

AGRADECIMIENTOS

**AL MAESTRO, EDVINO JOSAFAT VEGA ROJAS,
POR SU COLABORACION EN LA DIRECCION DE ESTE TRABAJO**

**A MI AMIGOS EMILIO DE LOS RIOS Y
ELIZABETH ARCE
POR SU AYUDA EN LA ELABORACION DE ESTE TRABAJO**

GRACIAS

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

**MARTIN DELGADO VAZQUEZ
MA. TERESA CALDERON DE DELGADO.**

A MIS HERMANOS:

MA. TERESA, CARLOS Y ALEJANDRO.

A:

ANA ISABEL GUZMAN

AGRADECIENDOLES EL APOYO QUE SIEMPRE ME HAN BRINDADO.

¿ PORQUE USAR FERTILIZANTES ?

DIAGNOSTICO DEL ESTADO NUTRICIONAL DE LOS CULTIVOS (1993)

Entre los beneficios de la fertilización, cabe destacar los siguientes:

- Aumenta la producción por unidad de superficie.
- Aumenta la calidad de los productos.
- Facilita la absorción de elementos nutritivos.

El uso correcto de los fertilizantes permite.:

- Reducir los costos de producción.
- Elimina o reduce los periodos de descanso de la tierra, entre cultivo y cultivo (barbecho).
- Obtención del máximo beneficio por unidad de fertilizante utilizado.
- Recuperación de la mayor cantidad posible de fertilizante utilizado.
- Aumenta el beneficio económico de la explotación en su conjunto.

La eficacia de la fertilización dependerá, en primer lugar, del objetivo que se persiga. Ya que será diferente, si se persigue la máxima producción, que si se pretende el máximo beneficio de la explotación por unidad de superficie.

Por otra parte, la investigación ha demostrado que, en los suelos ricos, no es necesario utilizar tanto fertilizante como en los suelos pobres para alcanzar altas producciones, así como que en estos suelos se obtienen mayores rendimientos que en los suelos pobres, aunque en estos se utilicen grandes dosis de fertilizantes.

Asimismo, si seguimos como criterio, el del máximo beneficio por unidad de superficie, es muy posible que en los suelos ricos sea aconsejable utilizar muy poco o ningún abono, al menos durante algún tiempo. Sin embargo, desde un punto de vista económico, mas amplio, largo plazo, ello podría ser un grave error, ya que podría suponer la pérdida de un excelente nivel de fertilidad, que es condición imprescindible para la obtención, de modo regular, de elevadas producciones.

Por la misma razón, en los suelos pobres resulta aconsejable utilizar mayor dosis, que la estrictamente necesaria, para obtener el máximo beneficio por unidad de superficie con objeto de ir elevando dicho nivel de fertilidad, especialmente en fósforo y potasio.

Como podemos ver, se pueden asignar a la fertilización objetivos diferentes que son difíciles de agrupar en un objetivo único. No obstante, podemos considerar de un modo amplio y general, que la fertilización permite obtener el máximo rendimiento económico a largo plazo de una explotación compatible con las condiciones de clima y suelo, suponiendo un tratamiento correcto de las demás técnicas de cultivo.

Nutrientes Requeridos por las Plantas

IFM WOLD FERTILIZER USE MANUAL (1992)

Las plantas contienen prácticamente todos los elementos naturales (92), pero se consideran esenciales 16 para un buen desarrollo. Trece de ellos, son elementos minerales esenciales comúnmente llamados nutrientes. Los otros tres son gases, carbono, oxígeno e hidrogeno; los toma la planta del aire y del agua, sin embargo, el suelo debe suministrar los restantes, trece nutrientes a la planta o cultivo en cuestión, ya sea como estiércol o fertilizantes minerales.

Parte de estos elementos los consumen las plantas en grandes cantidades y por ello se les llama: elementos mayores primarios (3), aplicados a la mayoría de los cultivos.

N= nitrógeno (tomado como NO_3^- o NH_4^+)
P= fósforo (tomado como H_2PO_4^-)
K= potasio (tomado como K^+)

Elementos secundarios (3), aplicados para ciertos cultivos en diferentes suelos.

S= azufre (tomado como SO_4^{--})
Ca= calcio (tomado como Ca^{++})
Mg= magnesio (tomado como Mg^{++})

Elementos menores o micronutrientes (7), los cuales alcanzan niveles críticos en las plantas 0.3-50 mg/kg. de materia seca.

Metales pesados

Fe= hierro
Mn= manganeso tomada como catión divalente
Zn= zinc o quelatados
Cu= cobre
Mo= molibdeno

No metales

Cl= cloro tomado como cloro
B= boro tomado como H_2BO_3

Fertilidad de suelo y como mejorarla

Los mejores resultados con el uso de fertilizantes. Se obtienen en suelos con un nivel de fertilidad de básica a alta fertilidad. Los suelos difieren ampliamente en su capacidad de proporcionar los nutrientes que requieren las plantas. La mayoría de los suelos poseen una fertilidad natural moderada, pero pueden mejorarse con aportes de fertilizante.

Para una agricultura exitosa, la fertilidad natural de un suelo es menos importante que el potencial de productividad de un suelo después de haber removido los factores limitantes.

El termino "suelo" comprende un conjunto de propiedades físicas y químicas que varían con el tiempo y de acuerdo con el manejo que se le da al suelo, como son:

- Capacidad de almacenamiento de nutrientes derivados del suelo y los fertilizantes.
- Contenido húmico, cantidad y actividad de los organismos del suelo como agentes en un proceso de transformación.
- Contenido de sustancias tóxicas, producidas en forma natural (suelos salinos, compuestos de aluminio en suelos extremadamente ácidos, o producidos por el hombre (contaminación).
- Moviliza las reservas de nutrientes del suelo.
- Transforma los nutrientes de los fertilizantes a formas fácilmente disponibles.
- Mejora la capacidad de retención de nutrientes solubles en agua, manteniéndolos en forma fácilmente disponibles, previniendo la lixiviación.
- Ofrece un aporte balanceado de nutrientes a las plantas, debido a la autorregulación del sistema.

- Capacidad de almacenar y aportar agua suficiente.
- Mantiene una buena aireación del suelo, para aportar los requerimientos de oxígeno de las raíces.

Cambios en el pH del suelo por encalado

WESTERN FERTILIZER HAND BOOK (1980)

Suelos con alta productividad, deben tener un pH óptimo, valores menores a 4.5 - 5.0 puede ser tóxico a las plantas, (limitando la variedad de cultivos), provocando acidez y deficiencia de calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), molibdeno (Mo).

La condición ácida incrementa la disponibilidad del hierro (Fe), manganeso (Mn), boro (B), Cobre (Cu), Zinc (Zn).

El nitrógeno (N) es mas disponible entre pH 6.0 y 7.0

Los suelos rojos tropicales (ultisoles y oxisoles), de condición natural muy ácido, tienen bajos contenidos de Ca, Mg y Mo, y un exceso de aluminio (Al) y manganeso (Mn)

La disponibilidad de nitrógeno (N), azufre (S) y boro (B), disminuye al igual que la mineralización de la materia orgánica. La fijación de N por los nódulos de las leguminosas, también se reduce, si existe una capa superficial también ácida, donde es poco disponible el Ca y Mg, así como el Al se vuelve asimilable, se restringe el desarrollo de las raíces. De allí que en caso de suelos acidos, es necesario analizar periódicamente el suelo a una profundidad de 20-30 cms., para determinar la acidez superficial y el potencial de reducción del crecimiento profundo de las raíces.

El encalado se empleara para incrementar el pH, al menos 5-5. Un ph de 5.5 - 6.5 se obtienen cosechas satisfactorias para la mayoría de los cultivos, los valores óptimos de pH para producciones altas, depende del tipo de suelos y rotaciones de los cultivos.

Todos los tipos de materiales de encalado son usados para incrementar pH. En muchos casos, la cal tiene contenidos de carbonato de magnesio, dando un doble beneficio, ajustando el pH y aportando magnesio al suelo. Algunos experimentos de encalado en los trópicos no han tenido resultados satisfactorios y se debe principalmente, a que no se aplica el fertilizante apropiado.

En suelos ligeramente alcalinos a neutros, bajo cultivos de producción, el uso de fertilizantes nitrogenados llega a ser ventaja, ya que deja disponibles micronutrientes como Mn o Zn, que requieren de una condición ácida.

El yeso es un corrector para suelos salinos-sódicos removiendo el sodio, sustituyéndolo por calcio.

Principales Beneficios de la Materia Orgánica

- Estabiliza la agregación del suelo, mejorando la estructura de este.
- Mejora la posibilidad del suelo, ayudando a la penetración de aire y agua.
- Mejora la capacidad de retención.
- Provee en abundancia de partículas coloidales (humus) con una capacidad de retención e intercambio de cationes.
- Actúa como un agente Buffer, aminorando la tendencia de cambios bruscos de pH en los suelos, cuando agregamos sustancias alcalinas o ácidas.
- Contribuye a la formación de complejos metal, orgánicos, de esta manera, se estabilizan en los suelos los micronutrientes, que de otro modo no serían disponibles.

Es importante reconocer que la mayoría de los nutrientes de las plantas, no existen en cantidades suficientes en la materia orgánica, como para poder sostener un cultivo con altos rendimientos.

Suelos con alto contenido de materia orgánica contienen aproximadamente de 5 a 6% de nitrógeno y cantidades menores de fósforo. Estos nutrientes deben mineralizarse a formas inorgánicas durante su descomposición antes de poder ser disponibles. Existen algunas evidencias de que cantidades muy pequeñas de compuestos orgánicos pueden ser absorbidas directamente por las plantas sin tener que mineralizarse, aunque es una contribución muy pequeña.

Organismos del suelo



La materia orgánica es una fuente de energía para los organismos del suelo y son ellos los que durante su ciclo de vida llevan a cabo el proceso de nitrificación. Amonia producida durante la mineralización desnitrifica a nitratos (NO_3) por acción de una bacteria.

Los microbios del suelo requieren de elementos nutritivos, tal y como los requieren las plantas. En un porte abundante de materia orgánica, la población de microbios del suelo aumenta, ya que son necesarios para llevar a cabo la nitrificación del suelo y utilizan ellos el nitrógeno de las plantas, lo que provoca una reducción temporal en el crecimiento de estas. Es necesaria la aplicación de fertilizantes nitrogenados para cumplir las necesidades de ambos (plantas y microbios).

Fertilizantes Orgánicos

Una cantidad considerable de materiales orgánicos pueden utilizarse como fuente de nutrimentos. Debido a que muchos de ellos son materiales de desecho, tienen muy bajo valor económico.

- desechos agropecuarios:
 - residuos de cosecha (hojas, bagazo, etc.).
 - excremento de animales.
 - composta.
 - abono verde incorporados al suelo.
- desechos de ciudades:
 - lodos activados.
 - desechos orgánicos.

Un criterio importante para determinar la calidad de los fertilizante orgánicos.:

- contenido de materia seca.
- contenido total de humus.
- relación carbono / nitrógeno.
- contenido de metales pesados.

Las cantidades de fertilizantes orgánicos requeridos son mayores a los fertilizantes químicos y no se tiene un control real de lo que se esta aplicando.

Fertilizantes Químicos

Se han desarrollado, muchos fertilizantes químicos para aportar los nutrientes, tanto al suelo como en las plantas, se dividen por su condición física.:

- líquidos (soluciones y suspensiones).
- sólidos (cristal, polvo, granular) en varias dimensiones.
- gaseosa (líquido bajo presión, amonía).

Tipo de combinación:

Fertilizantes simples (solo contienen un elemento nutriente principal, por ejemplo: nitrato de amonio, superfosfato simple y triple, etc.), Estos a su vez se clasifican en: nitrogenados, fosfóricos o fosfatados y potásicos.

Los fertilizantes complejos y mezclas son los que contienen mas de uno de los elementos nutrientes primarios, sin embargo es necesario conocer la diferencia entre una mezcla y un complejo.

Mezcla es un producto que se obtiene a través de una combinación manual o mecánica de diferentes nutrientes, pero en partículas distintas, también se le conoce como compuestos.

Complejo es un producto donde los diferentes nutrientes pertenecen a una misma formula química, los nutrientes forman parte de la misma partícula.

Método de Producción

RODRÍGUEZ, S.F. (1989) Apunta que los fertilizantes se dividen por su método de producción en.:

- Natural (como se encuentra en la naturaleza, o sometido a un proceso muy sencillo).
- Sintético (manufacturado, bajo un proceso industrial).

En los fertilizantes en general deben distinguirse, principalmente.:

- la unidad fertilizante.
- la concentración.

La unidad fertilizante:

Es la forma que se utiliza para designar al elemento nutritivo. Internacionalmente se establece como sigue:

ELEMENTO	UNIDAD FERTILIZANTE	SÍMBOLO O FORMULA
Nitrógeno	Nitrógeno	N
Fósforo	Anhídrido fosfórico	P ₂ O ₅
Potasio	Oxido de potasio	K ₂ O
Calcio	Calcio	Ca
Magnesio	Magnesio	Mg
Azufre	Azufre	S
Hierro	Hierro	Fe
Manganeso	Manganeso	Mn
Zinc	Zinc	Zn
Cobre	Cobre	Cu
Molibdeno	Molibdeno	Mo
Boro	Boro	B
Cloro	Cloro	Cl

La concentración de un fertilizante, es la cantidad del elemento nutritivo en su respectiva unidad asimilable por la planta, se expresa en porcentaje del total del peso del fertilizante. A partir de la concentración de un fertilizante y conociendo la necesidad en kilogramos del elemento, se determina la cantidad de aplicación del mismo, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Cantidad de fertilizante} = \frac{\text{Cantidad del elemento}}{\text{Concentración del elemento}} \times 100$$

Por ejemplo, si se necesita 100 kg. de nitrógeno para un cultivo y utiliza urea que tiene una concentración de 46%.

$$\text{Cantidad de Fertilizante} = \frac{100 \text{ Kg.}}{46} \times 100 = 217 \text{ kg. urea}$$

Fertilizantes Nitrogenados

RODRÍGUEZ, S.F. (1989)

Están valorizados de acuerdo a la cantidad de nitrógeno contenido en sus diferentes formas:

Fertilizantes amoniacales

- amoníaco 80% N
- sulfato de amoníaco 21% N
- bicarbonato de amoníaco 17% N

todos ellos actúan moderadamente rápido.

Nitratos:

- nitrato de calcio 16% N
- nitrato de sodio 16% N
- nitrato chileno 16% N

todos ellos son de rápida acción e incrementan el pH

Nitrato de amonio:

- nitrato de calcio 34% N
- nitrato de calcio y amonio 21 - 27% N
- nitrato-sulfato de amonio 26 - 30% N

Amidas:

- urea 46% N
- cianamida de calcio 20% N

también incrementan el pH

Soluciones:

- conteniendo mas de una forma de nitrógeno.
- solución de nitrato de amonio urea UAN-32 32% N

JIMÉNEZ, M. Y CABALLERO M. 1990

Este elemento es esencial para la constitución de las proteínas y por lo tanto, para el crecimiento y reproducción celular se aporta generalmente en forma de sales minerales. Es un elemento muy soluble y resulta fácilmente lavable al regar.

Por lo que, es preciso aplicarlo con cierta frecuencia y prever las pérdidas por lixiviación, a menos que se empleen formulados de lenta liberación. La forma amoniacal se fija algo mas al sustrato, pero también es mas fácilmente lavable.

Existen trabajos que evidencian los beneficios de la aplicación, unas veces en forma nítrica y otras en forma amoniacal. Se suele recomendar, una aportación a partes iguales o ligeramente favorable a la forma nítrica.

Dentro de la planta, este elemento es relativamente móvil. Cuando ocurren deficiencias, suelen manifestarse en las hojas mas viejas, de donde ha sido extraído para ir a las nuevas, tornándose aquellas en verde pálido y pudiendo llegar a secarse.

El exceso provoca un crecimiento excesivamente succulento y muy sensible a enfermedades y daños mecánicos.

DOMÍNGUEZ V.A. 1978

El nitrógeno es uno de los elementos químicos mas importantes para todos los seres vivos, sin excepción, es en estado puro, un gas inerte que carece de color y de olor.

Aproximadamente, el 80% del aire que nos rodea esta formado por este gas. Sin embargo, en este estado es inútil para los seres vivos, con la única excepción de ciertos microorganismos, de los que se benefician, entre otras plantas, las leguminosas. Así, pues, para ser utilizable por la generalidad de las plantas debe hallarse combinado con otros elementos químicos, formando diversos compuestos.

El nitrógeno, en la naturaleza, pasa por diferentes estados químicos que constituyen prácticamente un ciclo cerrado. (Ver figura)

Funciones: La importancia del nitrógeno en la planta queda suficientemente probada, puesto que sabemos que participa en la composición de las mas importantes sustancias orgánicas, tales como clorofila, aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, etc.

Como estas sustancias sirven de base para la mayoría de los procesos que rigen el desarrollo, crecimiento y multiplicación de la planta, resulta evidente la importancia del nitrógeno en las funciones más características de la vida vegetal. El nitrógeno es muy móvil dentro de la planta.

AHN, P.M (1993)

El nitrógeno es requerido por las plantas en cantidades relativamente grandes, comparado con las necesidades de otros nutrientes. El crecimiento de los cultivos es frecuentemente limitado por la deficiencia de nitrógeno más que por ningún otro nutriente. El nitrógeno es constituyente de proteínas, estas a su vez están presentes en todas las partes de crecimiento y en plantas como las hortalizas está presente en toda la planta. El nitrógeno provoca el crecimiento vegetativo de la planta y da el color verde característico. Actúa también como regulador e influye en la utilización de otros nutrientes.

La deficiencia de nitrógeno provoca plantas enanas, amarillamiento en las hojas y un desarrollo muy pobre de las raíces.

Las plantas absorben el nitrógeno casi en su totalidad como Anión NO_3^- y como Cation NH_4^+ . Los nitratos se presentan con mayor frecuencia en la solución del suelo. El catión en forma de amonio se presenta principalmente como catión intercambiable en la parte coloidal de suelo, con una cantidad muy pequeña en la solución del suelo.

WESTERN, F. M. (1985)

La mayoría del nitrógeno en los suelos no es disponible para el crecimiento de los cultivos, debido a que se encuentra fijado a la materia orgánica. Solamente el 2% (aproximadamente) del nitrógeno está disponible para los cultivos, cada año.

Muchas reacciones en el suelo son las responsables de que el nitrógeno sea disponible. La más importante es el resultado de la actividad microbiana. El nitrógeno contenido en la materia orgánica se vuelve disponible para los cultivos, a través de dos reacciones una es la amonificación y la aminización.

Las formas amoniacas del nitrógeno son cambiadas a nitratos a través de dos grupos distintos de bacterias.:

Nitrosomas y Nitrosococcus, las cuales convierte la amonía a nitratos.



Nitrógeno Amoniacal	Oxígeno	Nitratos	Agua	Iones Hidrógeno
------------------------	---------	----------	------	--------------------

Nitrobacterias Oxida Nitritos a Nitratos



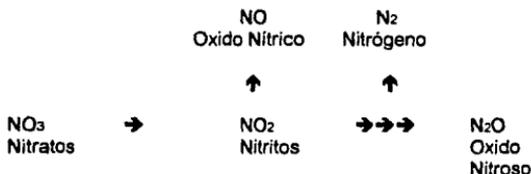
Nitritos	Oxígeno	Nitratos
----------	---------	----------

Esta reacción en dos pasos es llamada nitrificación, las reacciones ocurren bajo condiciones templadas, adecuada cantidad de oxígeno y humedad y pH óptimo. A temperatura de 75°F, la nitrificación se completa en aproximadamente dos semanas (ver figura). A 50°F, tardaría 12 semanas o mas.

La relación de pH con la nitrificación. Para una conversión óptima el pH se debe mantener entre 5.5 y 7.8

El nitrógeno se pierde del suelo a la atmósfera que convierte el nitrato a componentes gaseosos de nitrógeno, este proceso se llama denitrificación. Baja condiciones anaerobicas causadas por una humedad excesiva y/o una excesiva compactación. Bajo estas condiciones, existe una bacteria que es capaz de remover el oxígeno de los componentes químicos del suelo.

Cuando el nitrato es usado, varios gases como el óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO) y nitrógeno (N_2) son formados. La reacción se representa de la siguiente forma.:



Todos estos gases se pierden del suelo a la atmósfera en lugar de ser aprovechados por los cultivos.

Fertilizantes de Liberación Lenta

Derivados de urea granular solubles en agua, el fertilizante se embolsa en un plástico delgado, el cual se va disolviendo lentamente al contacto con el suelo.

Mezcla: nitrofosfato 20-23% N y de 20-22% P_2O_5
 fosfato diamónico 18% N y 46% de P_2O_5
 fosfato líquido de amonio 12% N y 40% de P_2O_5

Las amidas como la urea, tienen que transformarse primero a amonio, para poder ser aprovechada por las plantas, esta transformación ocurre por la acción microbiana del suelo, dando como resultado, una liberación mas lenta del fertilizante al suelo. Pero cuando la urea es aplicada foliarmente, es aprovechada por la planta rápidamente, cuando es aplicada de esta manera el contenido de biuret, no puede ser mayor del, 0.3% ya que es tóxico a las plantas.

La cianamida de calcio además de sus propiedades de fertilizante tiene propiedades de fungicida y herbicida, ya que interviene en la descomposición de estos.

Por lo demás el nitrógeno en sus diferentes formas dan aproximadamente los mismos resultados, variando únicamente por su época de aplicación a los cultivos.

Los efectos secundarios mas importantes causados por fertilizantes nitrogenados, es su efecto acidificante del suelo el cual puede contrarrestar encajando el suelo.

Fertilizantes Fosfatados

La disponibilidad del fósforo es medida por su solubilidad. :

Solubles en agua .

superfosfato simple.(18-20% P_2O_5)

superfosfato triple.(45% P_2O_5)

muy baja solubilidad.

roca fosfórica (30% P_2O_5)

mezclas.

fosfato monoamonico.(11% N 53% P_2O_5)

fosfato diamonico. (18% N 46% P_2O_5)

Estas son las fuentes de fósforo mas comunes, el fósforo asimilable que poseen los fertilizantes puede ser.:

- solubles en agua
- solubles en nitrato.

Los solubles en agua son de acción rápida, recomendados para cultivos de ciclo corto. Los solubles en nitrato son de acción mas lenta, recomendados para plantas de ciclo largo.

Los superfosfatos simples y complejos derivados que contienen fósforo soluble en agua puede aplicarse en bandas o bien mezclado con el suelo .

Los fertilizantes con fósforo insoluble en agua como el fosfato bicalcico, metafosfato, escorias, etc., deben emplearse en forma de polvos finos, bien mezclados con el suelo para aumentar su efectividad.

En suelos alcalinos se recomienda el uso de superfosfatos, que contienen, fosfatos monocalcicos, y los fosfatos amonicos .

En suelos ácidos, pueden ser efectivos los fosfatos monocalcicos, bicalcicos y amonicos, teniendo en cuenta una corrección previa de la acidez del suelo para no desencadenar un rápido incremento del pH.

JIMÉNEZ, M.R. (1990)

Opina que otro elemento de gran importancia que participa en las moléculas de las membranas celulares y en compuestos relacionados con la captura y transporte de la energía dentro de la planta.

Las necesidades en fósforo suelen ser del orden, de la décima parte de las de nitrógeno o potasio. Se trata de un elemento poco móvil en el suelo por lo que la aportación en el abonado de base a fondo pueden cubrir buena parte de las necesidades, siempre que el resto de características físicas y químicas permitan el paso a la solución del suelo.

Dentro de la planta por el contrario, es un elemento muy móvil, por lo que las deficiencias se acusan en las hojas mas viejas. El primer síntoma suele ser una pérdida del brillo y en casos mas avanzados, aparece una pigmentación rojiza o amarillenta a lo largo de las nervaciones del envés de las hojas. Al mismo tiempo, las hojas mas jóvenes ven reducido su tamaño.

Los superfosfatos, empleados comúnmente para el abonado de fondo de suelos y substratos, se asemejan a menudo a los síntomas de toxicidad por flúor en plantas sensibles al mismo.

RODRÍGUEZ, S. F. (1989)

El fósforo no se encuentra en estado de "pureza química" (P), sino que se combina constituyendo los compuestos orgánicos e inorgánicos.

Entre los compuestos orgánicos, se encuentran los fosfolípidos, ácidos nucleicos, fitina e inositol, pertenecientes a la composición de la materia orgánica de vegetales y animales.

Los compuestos inorgánicos proceden además de la descomposición bacteriana del material orgánico, de los minerales del suelo del grupo del apatito (fluorapatito, clorapatito, hidroxapatito) y de fosfatos específicos como los de calcio, hierro y aluminio, además de otros sin una identificación química clara.

El ciclo del fósforo en la naturaleza adquiere formas inorgánicas y orgánicas, perdiéndose grandes cantidades de este elemento por las características de "inmovilización" que posee.

La forma química mas común, es la del ácido ortofosfórico PO_4H_3 , dando su radical anionico para la composición de las distintas sales cuando se combinan con los diversos cationes (Ca, K, Na). Ellas son:

Fosfato Monobásico	PO_4H_2
Fosfato Bibásico	PO_4H
Fosfato Tribásico	PO_4

RODRÍGUEZ, S. F. (1989)

Explica el comportamiento del fósforo en el suelo. tiene un origen orgánico e inorgánico, en sus distintas proporciones según el tipo e historia del suelo.

Las formas de asimilación por parte de la planta son el fósforo monobásico (PO_4H_2) y el bibásico (PO_4H); el primero es de mayor utilización que el segundo. A medida que va siendo extraído por las plantas, el complejo del suelo lo va restituyendo a la solución.

Estas formas de fosfatos se encuentran en una baja proporción en el suelo, pero la restitución es constante (en ciclo normal de un cultivo, la reposición del fósforo en dicha solución alcanza el número de 100 a 500 veces para cubrir las necesidades básicas del elemento).

El pH del suelo (ver figura) determina la disponibilidad de fosfatos asimilables por la planta. A medida que aumenta el pH ($\text{pH} > 7$ es decir alcalinización) crece la proporción de los fosfatos bibásicos (PO_4H).

El paso del fósforo asimilable a sus formas insolubles y no asimilables, se conoce como la "fijación de fósforo", o sea su "inmovilidad" como nutriente vegetal. Esta "inmovilidad" la determinan las distintas reacciones químicas que se producen según el pH del suelo.

En suelos ácidos, los fosfatos asimilables (monobásico y bibásico) se combinan con el Hierro (Fe^{++}) y el aluminio (Al^{++}) y con los distintos hidróxidos de Fe, Al, etc., formándose sales y complejos químicos insolubles.

En los suelos alcalinos, se combinan principalmente con el calcio y magnesio: y se forman sales insolubles como el fosfato tricalcico (PO_4) Ca₃.

RODRÍGUEZ, S. F. (1989)

El fósforo no asimilable por las plantas y retenido por el suelo, depende de los siguientes factores.:

1. **pH del suelo.** El pH óptimo esta entre 5.5 y 7. Un suelo ácido genera inmovilización de fosfatos de hierro y aluminio: un suelo alcalino produce precipitantes de fosfatos tricalcicos, etc.
2. **Tipos de Arcilla.** Que generan los distintos tipos de fosfatos según el origen mineral.
3. **Temperatura.** Las mayores temperaturas incrementan las reacciones químicas y el grado de absorción de las plantas. Aumenta, además, la solubilidad de los químicos.
4. **Presencia de los hidróxidos en el suelo.** Estos se combinan con los fosfatos. Su presencia determina la inmovilización de los mismos.
5. **Materia orgánica.** Favorece la asimilación del fósforo, pues aumenta el contenido del complejo absorbente.

La solubilidad del fósforo es baja y es fácilmente retenido por el suelo de allí, su poca movilidad en el mismo. Concentrándose en los primeros centímetros del perfil edáfico (10 a 15 cms.). La poca cantidad disuelta de fósforo en la solución del suelo, hace que este se movilice, fundamentalmente, por difusión.

Las pérdidas de este elemento en el suelo, es principalmente, por la absorción de las plantas y en menor medida por la lixiviación o lavado del perfil.

La capacidad de "retención" o fijación del suelo también es limitada, la fertilización consiste entonces.:

1. Aumenta la concentración de fósforo soluble en la solución cerca de su saturación.
2. Localización del fósforo en la aplicación para contrarrestar su poca movilidad.
3. Las fertilizaciones son periódicas, pues este elemento se inmoviliza rápidamente.

TROEH, F. THOMPSON, L. (1993)

Apuntan que al fósforo se le ha llamado "la llave de la vida", debido a que es directamente responsable en la mayoría de los procesos de la vida, es componente de la mayoría de las células vivas como parte de las nucleoproteínas que transmiten el código genético de la materia viva. Tiende a concentrarse en las semillas y puntos de crecimiento de las plantas.

El fósforo es el segundo elemento en importancia, solo superado por el nitrógeno en la aplicación de fertilizante. Uno o ambos elementos es siempre incluido cuando se aplica fertilizante.

La aplicación de fósforo es aun mas critica que la aplicación del nitrógeno, ya que en el caso del nitrógeno, existen algunos microorganismos que vuelven disponibles al nitrógeno del medio ambiente para ser aprovechado por las plantas. En caso del fósforo, la disponibilidad inicial del fósforo debe provenir de las rocas.

El fósforo al igual que el nitrógeno y el azufre, forman aniones complejos con oxígeno, pero la mayoría de los fosfatos son casi insolubles. La baja solubilidad de los fosfatos es una limitación en la disponibilidad de estos.

El fósforo lo encontramos en forma mineral y forma orgánica. El fósforo de la materia orgánica es fijado dentro de los componentes de la estructura. Este fosfato participa en las reacciones químicas, pero el fósforo es fijado firmemente en la materia orgánica y no es disponible para la planta hasta que la materia orgánica empieza a descomponerse y este es liberado lentamente.

El fósforo inorgánico se obtiene de un mineral llamado Apatita $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$. La apatita son cristales muy finos, muy bien dispersos en rocas ígneas.

Las concentraciones de apatita aparecen como roca fosfórica en algunas partes del mundo. La mayoría formada por emergencia de tierra que alguna vez estuvo bajo el mar. Estas rocas se explotan como minas, sacando la materia prima y otros componentes del fósforo.

Marruecos posee el depósito más grande que se conoce, es el principal exportador de fosfatos; Jordania, Israel, Túnez, Togo, Senegal, E.E.U.U., son también productores importantes de fósforo.

RUSSELL, J. (1979)

El origen de los fosfatos del suelo utilizados por las cosechas, -fósforo disuelto en la solución edáfica-. La fuente inmediata de fosfatos para los cultivos es probablemente los iones fosfato inorgánicos de la solución edáfica. Su concentración varía mucho en los diferentes suelos, desde diez a la menos siete molar a alrededor de diez a la menos seis molar de fosfato en suelos catalogados como deficientes, y más diez a la menos cinco molar y aún de diez a la menos cuatro molar en suelos conocidos como, bien provistos (diez a la menos cinco molar corresponde a 0.3 p.p.m. de P en la solución edáfica).

Ahora bien, un suelo que tiene una solución de diez a la menos cinco molar m de P y que por ejemplo, retiene 60 mm. de agua utilizable en los primeros 30 cm. de espesor, tendrá menos de 0.05 kg/ha de P en la solución hasta aquella profundidad; si un cultivo utiliza 360 mm. de agua durante su crecimiento, habrá solamente 0.25 kg/ha de P disuelto en ella, aunque puede absorber hasta 12-25 kg/ha de P durante la época de crecimiento.

Por consiguiente, la solución edáfica solamente puede constituir una fuente adecuada de fosfato, si el fosfato del suelo pasa de la fase sólida a la fase líquida, por lo menos tan rápidamente como las raíces de la cosecha, lo extraen en la solución del suelo y si dichas raíces pueden extraer fosfato fácilmente de estas soluciones diluidas.

Cita M. Fried y colaboradores han demostrado que en un suelo normal, moderadamente bien abastecido de fosfato, el fosfato del suelo puede pasar a la solución a una velocidad mucho mayor que a la que las raíces pueden posiblemente absorberlo.

Se ha encontrado que la concentración de fósforo en la solución edáfica de muchos suelos permanece en efecto, aproximadamente constante mientras el cultivo está creciendo. No obstante, la solución edáfica solo es una fuente adecuada de fosfato, si el cultivo puede extraerlo de esta solución diluida a suficiente velocidad.

W.N.M. FOSTER Y R.S. RUSSELL: J. SOIL SCI (1958)

La capacidad de los cultivos para absorber fosfato de estas soluciones diluidas depende, sin embargo, en alguna extensión al menos, de la ausencia de algunos iones interferentes.

Así, si la concentración de iones Fe utilizables es demasiado grande, se reduce la proporción a las hojas y aunque los iones aluminio pueden producir algunas veces este efecto suele también reducir el sistema radicular de la cosecha.

Reduciendo así la cantidad de fosfato que la cosecha pueda absorber de la solución edáfica.

Fertilizantes Potásicos

Este es principalmente derivado de depósitos salinos. De cualquier modo la mayoría de los fertilizantes potásicos se pueden usar directamente como fertilizantes de alto análisis, todos ellos son solubles en agua, relativamente de fácil absorción por la planta.

- cloruro de potasio o muriato de potasio (40-60% k o)
- sulfato de potasio (50% k o) para cultivos sensibles al cloro.
- sulfato de potasio magnesio(40% k o 6% mg)

Los fertilizantes potásicos generalmente se deben aplicar al momento de la siembra . Los iones de potasio son absorbidos y permanecen disponibles por largo tiempo de cualquier modo se recomienda el hacer aplicaciones en varias etapas, durante el desarrollo del cultivo.

COOKE, G.W. (1979)

Es obtenido de minas. En muchos países, las formas mas comunes de potasio, son: Cloruro de Potasio (KCL) vendido como Muriato de Potasa.

Sulfato de Potasio (K_2SO_4) y Nitrato de Potasio (K_2NO_3).

FERTILIZANTES POTÁSICOS	% K	% K_2O
Muriato de Potasio	50	60
Sulfato de Potasio	42	50
Sulfato de Potasio - Magnesio	23.5	28
Nitrato de Potasio	37	44
Metafosfato de Potasio	31	37

Los compuestos de potasio. Las fuentes primarias de que deriva el potasio del suelo, la constituyen los minerales portadores de este elemento. Las micas potásicas, la biotita, la muscovita y feldespatos como la ortoclasa y la microlina liberan su potasio fácilmente. I.A. DENNISON, WH FRY Y P.L. GILE.

AHN, P.M. (1993)

El potasio en la planta.

El potasio es un factor limitante del crecimiento de los cultivos y este es aplicado como fertilizante. Este es esencial en la formación y transferencia de carbohidratos en la fotosíntesis y síntesis de proteínas. Las plantas las cuales sintetizan y almacenan grandes cantidades de almidones, normalmente tienen altas necesidades de potasio. El potasio se requiere en los puntos de crecimiento como frutas y semillas de las plantas.

El potasio es absorbido por las plantas como catión, K^+ . Este catión es fijado en el suelo junto con otros cationes intercambiables, por los coloides del suelo, arcillosos y materia orgánica.

Los pelos absorbentes de las raíces absorben los cationes de potasio de la solución del suelo o directamente de los coloides del suelo.

La diferencia de potasio, en especial cuando el nitrógeno es también deficiente provoca enanismo en el crecimiento, las hojas son pequeñas. Algunas veces, de color cenizo y muerte prematura, primero en las puntas y de ahí hacia las orillas. Los frutos y las semillas son mas pequeñas de lo usual, así como en menor cantidad y peso.

WESTER FERTILIZER HAND BOOK (7a. Edición)

El potasio es tomado por las plantas en forma iones de potasio (K^+) y tiende a permanecer en forma ionica dentro de las células y los tejidos.

El potasio es esencial en la traslocación de azúcares y formación de almidones. El potasio se requiere en la apertura y cierre de estomas. El potasio incrementa el crecimiento de las raíces, así también la resistencia a enfermedades.

El potasio incrementa el tamaño y calidad de frutas y granos, es esencial para cultivos forrajeros de alta calidad.

RODRÍGUEZ, S. F. (1989)

El pH del suelo también influye en la retención del potasio en el complejo absorbente. En los suelos ácidos es fácilmente lavado, en cambio, en los suelos neutros y ligeramente alcalinos es mejor retenido por las arcillas del suelo, la forma catiónica del potasio liberado constantemente desplaza su equilibrio por dos causas.:

- A. Pérdidas por lixiviación.
- B. Absorción de las plantas.

Cuando el potasio entra en el sistema metabólico de las células, forma sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos del interior de las mismas, que sirven para regular el potencial osmótico celular, regulando el contenido interno de agua.

DOMÍNGUEZ, V.A. (1978)

El potasio es un elemento que es absorbido por las plantas en grandes cantidades, al igual que el nitrógeno. Como los anteriores, no se encuentra puro, sino combinado con otros elementos formando sales, en dichas sales, el potasio constituye a parte positiva o catión.

El potasio, al contrario que el nitrógeno y el fósforo, no es utilizado en la planta para la formación de compuestos o sustancias mas o menos complicadas. Se encuentra normalmente disuelto en los jugos celulares de las plantas. En el mismo estado en que fue absorbido, sin sufrir ninguna transformación.

La forma en que se absorbe por las plantas desde el agua del suelo, en la que esta disuelto. Al disolverse en el agua, una sal potasica, como por ejemplo, el cloruro de potasio, se separan los dos componentes de la sal, que en este caso, son cloruro (carga eléctrica negativa) y potasio (carga eléctrica positiva).

Cuando están en esta forma, se les llama iones: ion cloruro, ion potasio y así es absorbido por las plantas como ion K (K⁺).

JIMÉNEZ, M.R. (1990)

Este elemento esta relacionado con el metabolismo de los hidratos de carbono y se le suele asociar con la producción de flores y frutos, así como la tolerancia al frío. Aunque la forma de sal que se emplea es bastante soluble, se fija con mayor facilidad al suelo y es menos móvil que el nitrógeno, al igual que los dos elementos anteriores, al ser muy móvil dentro de la planta manifiesta los síntomas de carencia en las hojas mas viejas, llegando a ocasionar quemaduras en las plantas que pudieran asemejarse con las originadas por exceso de sales.

Elementos Secundarios

Magnesio: Existe sales solubles de rápida acción (principalmente sulfatos) y de acción lenta .

Acción rápida:

- sulfato de magnesio (10% mg)
- sulfato potasio de magnesio.

Acción lenta:

- carbonato de magnesio (cal dolomítica)

Para suelos con problemas de acidez la forma mas barata de mg , es la cal dolomítica .

Azufre: La deficiencia de azufre se presenta en cultivos, con altos requerimientos, como las oleaginosas, leguminosas.

Acción rápida:

- sulfato de potasio o sulfato de magnesio (18%S)
- sulfato de amonio. (24%S)

Acción lenta:

- yeso (18% S)
- sulfato de calcio o superfosfato (14%S)

Tanto los de acción rápida como los de acción lenta se pueden aplicar al momento de la siembra.

Calcio: Las fuentes que no incrementan el pH son :

Acción rápida:

- cloruro de calcio, sólido o en solución.

Acción lenta:

- yeso

La aplicación al suelo no es muy recomendable ya que tiene que haber traslocación dentro de la planta, en tal caso una aplicación foliar.

MANUAL DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS P.P.I. (1988)

El calcio (Ca) tiene funciones en la planta como estimulador en el desarrollo de las raíces y hojas. Forma compuestos que son parte de las paredes celulares, esto fortalece la estructura de la planta.

El calcio (Ca) ayuda a reducir los nitratos en los tejidos de las plantas. Activan numerosos sistemas enzimáticos, neutraliza los ácidos orgánicos en las plantas.

El calcio influyen en los rendimientos en forma indirecta, al reducir la acidez de los suelos, esto reduce la solubilidad y la toxicidad del manganeso, cobre y aluminio.

RODRÍGUEZ S.F. (1989)

En el interior de la planta es un elemento poco móvil, interviniendo en la formación de los pectatos de calcio (también existen los pectatos de magnesio). De la laminilla media de las células que intervienen en el procesos general de absorción de elementos.

El calcio forma sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos del interior de las células (el oxalato de calcio es insoluble), regulando la presión osmótica de las mismas.

Partiendo de los conceptos de su intervención fisiológica, las carencias de calcio se manifiestan en los siguientes puntos.

- Menor capacidad de síntesis de proteínas en la planta.
- Menor desarrollo radicular; se forman raíces oscuras, cortas y fraccionadas, influyendo directamente en la absorción de otros elementos.
- Correlativamente, se nota en las hojas una clorosis marcada, principalmente en las hojas jóvenes tomando forma de garfío.
- Poco crecimiento de los tallos y las hojas, produciendo además una muerte de los meristemas. La planta se muestra mas pequeña y menos desarrollada.

Una cantidad óptima de este nutriente, evita estas consecuencias. Por lo general, no son comunes las deficiencias de calcio, un factor importante de esta deficiencia es el pH del suelo, así en suelos muy ácidos el calcio no es fácilmente asimilable.

WESTERN FERTILIZER HAND BOOK (1980)

El calcio es absorbido por las plantas como ion calcio (Ca^{++}), es una parte esencial de la estructura de la pared celular y esta presente en la formación de nuevas células. Se cree que se contrapone a los efectos tóxicos del ácido oxálico, formando oxalato de calcio en las vacuolas de las células. El calcio es inmóvil en las plantas. Las hojas jóvenes las primeras afectadas bajo condiciones de deficiencia.

AHN, P.M (1993)

El calcio es un elemento esencial y se encuentra en cantidades grandes en las hojas de las plantas, aunque los cultivos difieren en los requerimientos de calcio.

La deficiencia de calcio se manifiesta en las partes meristemáticas en las puntas de las raíces y en general en un desarrollo anormal de las plantas. El calcio es absorbido por las plantas como catión divalente (Ca^{++}). El calcio en la mayoría de los suelos es el catión dominante en el complejo de intercambio, así como también disminuye en relación directa al aumentar la acidez.

Algunos suelos ácidos en los trópicos son deficientes en calcio, en esos casos el encalar con carbonato de calcio es necesario para aumentar el aporte de calcio en las plantas.

MAGNESIO

INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FÓSFORO (INPOFOS 1993)

Indica que los síntomas de deficiencia de magnesio aparecen primero en las hojas inferiores (viejas), presentándose primero como una leve decoloración amarillenta, pero permaneciendo las nervaduras verdes.

RUSSEL, J. (1968)

El magnesio es necesario en todas las plantas verdes, dado que es un constituyente de la clorofila. Parece que desempeña también un papel importante en el transporte de fosfato en la planta y posiblemente como consecuencia de esto, se acumula en las semillas de las especies ricas en aceite, pues el aceite va también acompañando por una acumulación de lecitina, lípido que contiene fosfato así puede aumentarse algunas veces la riqueza de fosfatos de una cosecha, mediante la adición de un fertilizante que contenga magnesio en vez de fósforo : es por esta razón por lo que los silicatos de magnesio finamente triturados, se añaden algunas veces al superfosfato para aumentar su eficacia.

La deficiencia de magnesio se presenta con frecuencia sobre suelos arenosos ácidos que son también deficientes en calcio; pudiéndose corregir con el uso de cal dolomítica o cal y magnesio.

La deficiencia de magnesio se puede inducir por un exceso de fertilizantes potásicos ya sea como sulfatos o cloruros de potasio. Se puede apreciar en tomate, tabaco y algodón. Esta deficiencia de magnesio por altas dosis de fertilizantes potásicos, depende de la época de fertilización y puede corregirse con aplicaciones foliares.

JIMÉNEZ, M.R. (1990)

Coincide con Russell en que forma parte de la molécula de clorofila y estas así mismo, relacionadas con el metabolismo del fósforo, su carencia se suele manifestar en clorosis de las hojas mas viejas.

En suelos desequilibrados de sales y en periodos de frío, es frecuente observar síntomas de carencia de magnesio. Por lo que se debe tener cuidado al aportarlo, ya que un excesos puede desequilibrar mas el suelo.

AHN, P.M. (1993)

El magnesio es un constituyente de cada molécula de clorofila de ahí su importancia para la fotosíntesis, apareciendo también en las semillas. Tiene relación con el metabolismo del fósforo, así como también influye en la activación de las enzimas de los carbohidratos y síntesis de aceites en las plantas.

El magnesio es un elemento móvil en la planta, con traslocación de las hojas viejas a las jóvenes, en caso de deficiencia. Cultivos de hoja como tabaco son sensibles a estas deficiencias.

La planta toma el magnesio como catión divalente (Mg^{++}). En la mayoría de los suelos tropicales, el catión intercambiable dominante es el calcio seguido del magnesio.

AZUFRE

RODRÍGUEZ, S.F. (1989)

El azufre es absorbido por las plantas en su forma de sulfato (SO_4^{--}), es decir en forma aniónica perteneciente a las diferentes sales: Sulfato de calcio, sodio, potasio, etc.

En el interior de las células, fisiológicamente, pasa la forma de sulfidril y disulfúrica (SH- y SH--).

El anión sulfato (SO_4^{--}) en el suelo, generalmente, proviene de la liberación y transformación de las sustancias orgánicas, las lluvias de las regiones muy industrializadas pueden contener un porcentaje de este azufre que se deposita en los suelos, variando desde 20 a 60 kgs. por hectárea por año.

Una deficiencia en los suelos, puede traer una disminución en la fijación de nitrógeno atmosférico que realizan las bacterias, disminuyendo consecuentemente los nitratos del suelo.

Los síntomas de deficiencia de azufre son debidos a los trastornos fisiológicos, manifestándose los siguientes puntos.:

- Crecimiento lento.
- Debilidad estructural de la planta.
- Tallos cortos y débiles.
- Clorosis en las hojas jóvenes, amarillamiento en las nervaduras foliares.
- Desarrollo prematuro de las yemas laterales.
- Formación incompleta de los frutos.

AHN, P.M. (1993)

Las cantidades de azufre que es requerida por los cultivos es comparable con el fósforo.

El azufre es un elemento esencial asociado con la síntesis de proteínas.

La deficiencia de azufre en las plantas, tiene síntomas parecidos a la deficiencia de nitrógeno, las plantas se tornan pálidas y presentan enanismo.

El azufre es absorbido principalmente como sulfato (SO_4^{--}) a través de las raíces, pero también lo pueden absorber como dióxido de azufre en forma de gas, directamente de la atmósfera.

INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FÓSFORO (INPOFOS 1993)

Las plantas deficientes en azufre de color verde pálido y los síntomas se parecen mucho a la deficiencia del nitrógeno. Los síntomas generalmente aparecen primero en las hojas superiores (jóvenes) mientras que los de la deficiencia de nitrógeno aparecen primero en las hojas inferiores (viejas).

Sin embargo, con la deficiencia de azufre la planta entera toma una apariencia verde pálida, las hojas tienden a arrugarse a medida que la deficiencia progresa. Los tallos de las plantas son delgados y fibrosos.

La deficiencia de azufre es mas frecuente en suelos arenosos, o de bajo contenido de materia orgánica, o con lluvias excesivas o irrigación. Los síntomas pueden desaparecer a medida que penetran en el suelo.

Elementos Menores o Microelementos

Fierro: Normalmente se aplica foliar, en forma de quelatos:

- fe-edta(9% Fe)

Para aplicación directa al suelo tiene la característica de ser estable en suelos neutros.

Manganeso: La deficiencia ocurre en suelos ligeramente ácidos a neutros

- sulfato de manganeso (24-32% Fe)
- Mn edta (13% Mn)

Ambos son solubles en agua, de acción rápida, foliares o al suelo,

Zinc: Por lo general se aplica a los cultivos vía foliar en forma de:

- sulfato de Zinc (23% Zn)
- quelatos de Zinc (Zn EDTA)

Cobre: Las deficiencias son fáciles de corregir, para periodos largos con aplicaciones al suelo, aplicándolo como óxidos, sulfatos o quelatos en concentraciones (25% Cu).

Boro: Las necesidades de boro varían ampliamente dependiendo el tipo de cultivo, se puede aplicar en forma de bórax (11% o 22% B). Aun cuando es recomendable aplicar polyboratos, el cual parece tener mejor respuesta que el bórax para aplicaciones foliares.

Molibdeno: Se requiere solo en cantidades muy pequeñas, se aplica directamente al suelo o soluble en agua, como molibdato de sodio o molibdato de amonio (40 - 50% Mo). Aplicándose menos de 100 gramos por hectárea cuando se hace vía foliar.

YUFERA, E.E.P. (1973)

Además de los elementos secundarios, también son esenciales para las plantas algunos microelementos, elementos menores u oligoelementos; llamados así porque siendo imprescindibles para el desarrollo de las plantas, solo son necesarios en cantidades muy pequeñas, así pues, son elementos menores en cantidad, pero de importancia grande.

Estos elementos son.:

Fierro	Fe
Manganeso	Mn
Zinc	Zn
Cobre	Cu
Boro	B
Molibdeno	Mo
Cloro	Cl

Todos los cuales deben tomarse en cuenta en la fertilización.

Los fertilizantes modernos, son compuestos químicos cada vez mas puros y no contienen los elementos traza que estaban presentes como impurezas en los antiguos. El menor uso de los abonos orgánicos, ricos en elementos menores ha agudizado aun mas este problema, haciéndose imprescindible la utilización de fertilizantes con microelementos.

Por ello, los productores de fertilizantes tienen que empezar a formular mezclas con microelementos ajustados a necesidades locales.

Los microelementos intervienen, en los complejos sistemas enzimáticos de las plantas, en forma no bien conocida todavía. Las deficiencias de microelementos originan síntomas aparentes, por lo que en muchas ocasiones pueden diagnosticarse aproximadamente la existencia de un estado carencial concreto.

El análisis foliar es un método seguro para diagnosticar una carencia mineral.

MANUAL DE FERTILIDAD DE SUELOS (1988)

Existen trece elementos nutrientes esenciales y siete de ellos son considerados micronutrientes, cada uno de ellos puede limitar el crecimiento y los rendimientos cuando falta. La fertilización con micronutrientes debería ser tratada como cualquier otro insumo de producción. Si se sospecha la deficiencia de uno de ellos, se puede identificar a través de un análisis de suelo o análisis foliar.

BORO

El boro es esencial en la germinación de granos de polen y en el crecimiento del tubo polínico. El boro es esencial en la formación de las paredes celulares. El boro forma complejos de azúcar asociados con la traslocación del azúcar de la planta, es también importante, en la formación de proteínas.

La deficiencia de boro, por lo general, atrofia la planta comenzando con el punto de crecimiento y las hojas nuevas, esto indica que el boro no es traslocado en la planta.

Alta pluviosidad y lixiviado reducen la disponibilidad de boro. El clima seco desencadena deficiencia de boro que puede ser temporal, al humedecerse el suelo desaparece la deficiencia.

COBRE

El cobre es necesario para formar clorofila en las plantas.

El cobre cataliza varios procesos en las plantas, el cobre es necesario para promover procesos en las plantas, aunque no forme parte de ellos o de los productos formados por estas reacciones.

Los síntomas mas comunes en la deficiencia de cobre incluyen marchitez en los cítricos y estallido de las cebollas y otras hortalizas. Muchas hortalizas demuestran deficiencia en hojas, perdiendo su turgencia y desarrollando un matiz azul verdoso antes de volverse cloróticas y enrolladas, además de que las plantas no florecen.

Los suelos orgánicos tienen las mayores probabilidades de sufrir deficiencias de cobre, debido a que lo retienen con tal tenacidad, que solo una pequeña cantidad se encuentra disponible para el cultivo.

Los suelos arenosos, con bajo contenido de materia orgánica también pueden volverse deficientes en cobre, debido a las pérdidas por lixiviación.

Los suelos arcillosos pesados, tienen menos probabilidades a deficiencias de cobre, la presencia de otros metales en los suelos (Fe, Mn y Al) afectan la disponibilidad del cobre para el crecimiento de las plantas, este efecto es independiente del tipo del suelo.

HIERRO

El hierro es un catalizador que ayuda a la formación de la clorofila y actúa como portador de oxígeno, ayuda a formar ciertos sistemas enzimáticos respiratorios. La deficiencia de hierro produce hojas de color verde pálido (clorosis), con una distinción marcada entre las venas verdes y venas amarillas, debido a que el hierro no se transloca dentro de la planta, los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas jóvenes en la parte superior de la planta. Las deficiencias severas pueden provocar un color amarillo o blanquecino de toda la planta.

La deficiencia de hierro, por lo general, supone que es producida por el desequilibrio de metales, como: molibdeno, cobre o manganeso. Otros factores que pueden desencadenar la deficiencia del hierro, son:

- Exceso de fósforo en el suelo.
- Combinación de pH alto, alto contenido de cal, suelos fríos y contenidos altos de bicarbonatos.

Las aplicaciones al suelo o foliares, pueden corregir las deficiencias en los cultivos. La aplicación de materiales solubles en los suelos (como el sulfato de hierro) no resulta muy eficiente, debido a que el hierro se convierte rápidamente en formas no disponibles. Cuando se aplican como aspersiones foliares son más efectivos.

El cambio de pH en bandas angostas en la zona radicular pueden corregir las deficiencias de hierro. Existen varios productos azufrados que bajan el pH del suelo, convirtiendo el hierro insoluble a formas utilizables.

MANGANESO

El manganeso funciona primordialmente, como parte del sistema enzimático de la planta. El manganeso activa numerosas e importantes reacciones metabólicas.

El manganeso desarrolla un papel directo en la fotosíntesis, ayudando en la síntesis de la clorofila.

El manganeso acelera la germinación y la madurez, aumenta la disponibilidad de fósforo y calcio.

Los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas jóvenes, con amarillamiento entre las venas, apareciendo algunas veces pecas de color pardo.

La deficiencia ocurre con mayor frecuencia en los suelos muy orgánicos, en suelos de H neutro a alcalino.

MOLIBDENO

El molibdeno es necesario para la formación de la enzima nitrato reductasa. Esta enzima reduce los nitratos a amonio dentro de la planta, es vital para ayudar a las leguminosas a formar sus nódulos, los que son vitales para la fijación simbiótica del nitrógeno, también es necesario, para convertir las formas inorgánicas de fósforo a formas orgánicas en las plantas.

Los síntomas de deficiencia de molibdeno aparecen como un amarillamiento general y atrofiaamiento a las plantas. La deficiencia de molibdeno puede producir una deficiencia de nitrógeno en las leguminosas como alfalfa y soya, debido a que las bacterias fijadoras de nitrógeno deben tener molibdeno para ayudar a fijar el nitrógeno. A medida que el pH sube, el molibdeno tiende a ser mas disponible, lo contrario a otros micronutrientes, de ahí que las deficiencias tiendan a ser mas comunes en suelos ácidos. Los suelos arenosos, son frecuentemente mas deficientes que los suelos de textura fina. Las aplicaciones con alto contenido de fosfatos aumentan la absorción de molibdeno de las plantas, mientras que las aplicaciones altas de azufre disminuyen su absorción.

La aplicación de fertilizantes con contenidos altos de azufre en suelos con niveles bajos de molibdeno, pueden inducir una deficiencia de este nutriente.

ZINC

El zinc ayuda a las sustancias de crecimiento y a los sistemas enzimáticos de las plantas. El zinc es esencial para promover ciertas reacciones metabólicas.

El zinc es necesario para producir clorofila y para la formación de hidratos de carbono. El zinc no es trasladado en la planta, de ahí que sus síntomas de deficiencias aparezcan primero en las hojas mas jóvenes y otras partes de la planta en crecimiento activo.

La deficiencia de zinc en maíz, se le conoce como yema blanca, debido a que las yemas jóvenes se tornan blancas o amarillo pálido al principio de su crecimiento.

Otros síntomas incluyen el bronceado del arroz, el arrosado del nogal y las hojas pequeñas en los frutales.

Son muchos los factores que determinan la disponibilidad de zinc.:

- pH del suelo, el zinc se hace menos disponible a medida que el pH del suelo aumenta.

- Alto contenido de fosfatos en los suelos, provocan deficiencias de zinc. Numerosas especies de plantas han demostrado la interacción zinc-fósforo. Niveles altos de algunos de los nutrientes pueden reducir la absorción del otro. La aplicación de uno de ellos en los suelos, con bajo contenido de alguno, puede inducir la deficiencia del otro.
- La materia orgánica del suelo puede llegar a fijar bastante zinc, este también puede ser inmovilizado en forma temporal en los cuerpos de los microorganismos del suelo, especialmente cuando se aplica en el suelo estiércoles de animales.
- Generalmente, cuando los suelos son nivelados para riego, el zinc se hace deficiente.
- Los coloides absorben zinc del suelo, esto ayuda a resistir el lixiviado y mantenerlo en la capa artificial.
- Suelos fríos. Las deficiencias de zinc se acentúan en suelos mojados y fríos.

DIAGNOSTICO DE LAS NECESIDADES DE FERTILIZANTES Y PRACTICAS PARA DETERMINARLOS

Es común encontrar que las dosis de fertilizante que se aplican a los cultivos son recomendaciones por zona donde se han obtenido rendimientos satisfactorios aunque no siempre económicamente óptimos.

Los suelos difieren grandemente unos con otros, en su capacidad de almacenamiento de nutrientes, su dinámica de fijación y movilización de nutrientes hacia las raíces, etc. De ahí la necesidad de observar otros parámetros además de la fertilidad del suelo (fFA).

Método de Diagnostico

Ocular (Observación de la Planta)

- Variaciones del color verde de las hojas.
- Identificación de síntomas de deficiencia.
- Diferencia de crecimiento en comparación con lotes sin aplicación de fertilizantes.

Química

- Análisis de suelo.
- Contenido de nutrientes disponibles, como base para los requerimientos de fertilizantes.
- pH, salinidad, etc.

- **Análisis foliar.**
- **Análisis de plantas con problemas visibles.**
- **Análisis de contenido de nutrientes, para estimación de requerimientos adicionales (IFA).**

DIAGNOSTICO POR MEDIO DE LA OBSERVACIÓN DE LA PLANTA

Para un buen diagnostico de la condición nutricional de los cultivos, el agricultor, debe ver mas allá de los problemas de fertilidad del suelo. La persona que haga el diagnostico debe conocer y entender todas las condiciones del campo que tengan influencia en el crecimiento del cultivo.

El conocimiento adecuado de estas condiciones ayuda a determinar si la presencia de un problema esta provocando o incrementando la aparente escasez de nutrimentos.

Se deben tomar en cuenta todos los factores que influyen en el crecimiento y el rendimiento final del cultivo, algunos de estos factores son:

- **Zona radicular:** El suelo debe ser granular y permeable para que las raíces se expandan y puedan nutrirse en toda su extensión. En ciertos suelos, las plantas pueden desarrollar un sistema radicular de hasta dos o mas metros de profundidad para conseguir agua y nutrientes, por esto es conveniente conocer también el nivel de fertilidad del subsuelo o la capa ubicada inmediatamente abajo de la capa arable. Un suelo de capa arable delgada o un suelo compactado no ofrece un perfil profundo para que se nutran las raíces o para que la planta se sostenga mecánicamente. En muchos casos es necesario subsolar los suelos compactados. Por otro lado, los suelos húmedos o pobremente drenados resultan en sistemas radicales superficiales. Un drenaje apropiado es de suma importancia en el crecimiento de cultivo.
- **Temperatura:** La absorción de nutrientes es lenta en suelos fríos, incrementándose el potencial de deficiencia. Además, los nutrientes se difunden mas lentamente y la actividad de las raíces se reduce.

Por el contrario, la temperatura muy alta en la superficie del suelo, puede reducir el crecimiento de las raíces y las raíces mas finas mueren. Estas raíces son las mas activas en los procesos de absorción. Esto es particularmente cierto en cultivos perennes como el cafeño y los cítricos.

- **pH del suelo:** En general, la condición ácida del suelo reduce la disponibilidad del calcio (Ca), magnesio (Mg), molibdeno (Mo) y fósforo (P). La condición ácida incrementa la disponibilidad del hierro (Fe), manganeso (Mn), boro (B), cobre (Cu) y zinc (Zn). El nitrógeno es mas disponible entre pH 6 a 7.

Los suelos rojos tropicales (ultisoles o oxisoles) de condición natural muy ácida tienen bajos contenidos de calcio, magnesio y molibdeno disponibles y un exceso de aluminio y manganeso.

La disponibilidad de nitrógeno, azufre y boro disminuye, porque también disminuye la mineralización de la materia orgánica. La fijación de nitrógeno por los nódulos de las leguminosas también se reduce. Si existe una capa subsuperficial también ácida (poco calcio y magnesio y mucho aluminio), se restringe el desarrollo de las raíces, de ahí que en casos de suelos ácidos es necesario analizar periódicamente el suelo a una profundidad de 20 a 30 cms. para determinar la acidez subsuperficial y el potencial de reducción del crecimiento profundo de las raíces.

- **Plaga:** No hay que confundir los daños causados por plagas (insectos, nematodos, acaros) con deficiencia de nutrientes. Examine las raíces, ramas y hojas. Buscando danos que puedan causar síntomas similares a las deficiencias nutricionales.
- **Enfermedades:** Una buena observación permite distinguir la diferencia entre enfermedades y deficiencia de nutrientes, la mayoría de los casos, la presencia de enfermedades puede detectarse con la ayuda de un lente de aumento.

En campo, pueden distinguirse los síntomas de deficiencia de nutrientes de los síntomas de enfermedades de las siguientes formas:

- a) Los síntomas de deficiencia de nutrientes son generalizados y no se manifiestan en manchas o en plantas aisladas como en el caso de las enfermedades.
- b) Los síntomas de deficiencia de nutrientes presentan un gradiente de intensidad en las hojas que, dependiendo del elemento, se intensifica en las hojas viejas o en las nuevas, esto por lo general, no acontece con las enfermedades.
- c) Los síntomas de deficiencia de nutrientes son simétricos y aparecen en pares de hojas opuestas o adyacentes.

- **Condiciones de humedad:** Las condiciones de suelo seco pueden causar deficiencias de nutrimentos. El boro, cobre y potasio son buenos ejemplos, el bronceado del algodón es consecuencia de una deficiencia de magnesio que aparece en épocas secas. Esta es la razón por la cual el algodón responde también a estos nutrientes en periodos secos. La sequía hace mas lento el movimiento de nutrientes hacia las raíces.
- **Problemas de salinidad:** El exceso de sales solubles y sodio son un problema en algunas áreas de baja precipitación. Estas condiciones pueden ocurrir en aquellas partes del campo donde áreas en donde el manto friatico es poco profundo en áreas donde se usa agua de irrigación de baja calidad.
- **Identificación y control de malezas:** Los herbicidas y el control mecánico de malezas son factores importantes en la producción de cultivos. Las malezas compiten con los cultivos por agua, aire, luz y nutrientes. Algunas malezas pueden liberar sustancias que inhiben el crecimiento del cultivo. Se debe aprender a identificar las malezas y a conocer los materiales usados para controlarlos.
- **Daños de herbicidas:** Bajo ciertas condiciones, las plantas pueden sufrir danos causados por herbicidas aplicados en años anteriores o los aplicados en el presente año agrícola. Se debe tener cuidado del posible desplazamiento de herbicidas aplicados a campos adyacentes. Conozca los síntomas de danos causados por herbicidas y las interacciones de estos con las condiciones del suelo.
- **Prácticas de labranza:** Algunos suelos desarrollan capas duras bajo la superficie que requieren de labranza profunda. Esta condición limita el desarrollo de las raíces que no pueden profundizar ni explorar el suelo debido a la presencia de una capa compactada a pocos centímetros de la superficie. En estos casos, son comunes los síntomas de deficiencia en nutrientes y los síntomas de excesos o deficiencia de agua aparecen frecuentemente en el campo.
- **Híbrido o Variedad:** El potencial de producción y la adaptación a un determinado medio ambiente del material vegetal usado afectan el comportamiento del cultivo.

- **Espaciamiento entre plantas:** La distancia entre las hileras, el espaciamiento uniforme de las plantas de las hileras y el número de plantas por hectárea son factores importantes para la producción. La población de plantas por hectárea debe ser tal que aproveche al máximo el suelo, el agua y los nutrientes. Este factor es particularmente importante en cultivos perennes como el café, cítricos, palma, etc. En cultivos como el café, cítricos y cacao no se debe olvidar que además de la población es importante la poda y el manejo.
- **Manejo del agua:** La clave es el drenaje adecuado, ya sea superficial o subterráneo. Cuando se usa riego, son de mucha importancia el tiempo y la cantidad de agua para el buen crecimiento del cultivo. Es necesario conocer bien el programa de riego.
- **Fecha de siembra:** Esto afecta la tasa de crecimiento y la apariencia de la planta, así también, el potencial de la producción final, siendo particularmente importante en agricultura de temporal.
- **Localización de Fertilizantes:** En la mayoría de los casos, la aplicación de es cerca de las raíces, ya sea en el fondo del surco en los cultivos anuales o en hoyo de la siembra en los cultivos perennes, siendo importante para promover crecimiento inicial rápido y vigoroso. En cultivos anuales, la aplicación del fertilizante al lado y abajo de la semilla es más eficiente.

DIAGNOSTICO POR ANÁLISIS DE SUELO

El análisis del suelo es una herramienta esencial en el manejo del cultivo si deseamos obtener rendimientos altos, sostenidos y rentables. El análisis de suelo, cuando se usa en conjunto con otra información de soporte, es una guía indispensable para llegar a diseñar recomendaciones que permitan el uso eficiente de fertilizantes y enmiendas.

El análisis de suelo es una ayuda excelente para monitorear la fertilidad del suelo a través de los años y de los diferentes cultivos.

Hay que recordar que la práctica de fertilización de cultivos se inicia con el análisis de suelo continua, si es necesario, con la corrección de acidez y termina cuando aplicamos el fertilizante. (Inpofos)

Los análisis de suelo, básicamente, tienen dos funciones:

- Nos indican el nivel de nutrientes en el suelo y por lo tanto, donde comenzar en el desarrollo de un programa de fertilización o de encalado. Un programa racional de fertilización puede ser prescrito combinando esta información con el historial de cultivos anteriores, con el potencial general de productividad del suelo y con la capacidad de manejo del agricultor.
- Los análisis del suelo pueden ser usados en forma regular para controlar el sistema de producción para medir sus tendencias y cambios: y en esta forma, mantener el programa de fertilización en línea con los otros insumos de la producción.

Procedimiento para Muestrear el Suelo

AGRONOMY HAND BOOK

El análisis es tan bueno como la calidad de la muestra. La pequeña muestra que se envía al laboratorio (menos de medio kilo), representa millones de kilogramos de suelo.

Una toma de muestra cuidadosa significa que los resultados del análisis serán de utilidad.

Muestreo en el campo:

1. Dividir el terreno en áreas de suelo uniformes o áreas de cultivos anteriores y asignar un número permanente de identificación. Anotar los números de lote.
2. Las áreas a muestrear no deben ser mayores a 20 hectáreas. En caso de que el área de muestreo sea uniforme, que presente áreas con diferencias de producción, áreas con diferentes tipos de suelo, las muestras tienen que ser tomadas separadamente. De cada área a muestrear (hasta 20 hectáreas), se recogen de 10 a 20 sub-muestras al azar para mezclarlas y producir una muestra compuesta.
3. La profundidad de la muestra para lotes agrícolas son de 7 a 10 cm. para los pastos perennes: y para la mayoría de los cultivos, deberemos muestrear hasta 20 cm. que es la profundidad de trabajo de cualquier arado, esta profundidad es la que se puede alterar por los fertilizantes o por cal. Del 80% al 90% de los nutrientes tomados por las plantas son en esta profundidad, debemos reconocer que las plantas obtienen nutrientes a mayores profundidades, principalmente, nitratos y azufre.
4. Cuando muestrear: Las muestras se pueden sacar cualquier época del año, pero si es recomendable, que se muestre la misma época del año, para la siguiente muestra, es con el fin de no tener variaciones estacionales.

También, el pH puede variar a través de la época de crecimiento, debido a la presencia de sales solubles, CO₂, materia orgánica en descomposición, así también, varían la absorción e intercambio de nutrientes y la aplicación de fertilizantes.

Nitratos, sulfatos con lixiviables, de allí que ocurran variaciones estacionales de estos elementos, dependiendo del tipo de suelo, patrones climáticos y niveles de humedad.

Si somos constantes en la época de la toma de muestras, estamos eliminando estas variaciones para un suelo en particular.

La historia del terreno a muestrear nos sirve para distinguir variaciones estacionales de los cambios de fertilidad real. Existen algunos parámetros para decidir cuando muestrear.:

- Considerar el tiempo que le toma al laboratorio el emitir los resultados.
- Muestrear cuando se pueden hacer observaciones al área muestreada.
- Muestrear ambos, suelo y/o foliar, durante la época de crecimiento para diferenciar deficiencia de absorción de nutrientes, enfermedades, daños físicos o químicos.

Es recomendable, el muestrear cada tercer año o cada año, se esta haciendo agricultura intensiva o aplicaciones de materia orgánica al suelo, con el objeto de monitorear los nutrientes disponibles o la acumulación de sales.

5. Usar una cubeta de plástico en caso de muestrear microelementos (cubetas metálicas pueden contaminar las muestras.
6. Mantener un registro de los resultados obtenidos.
7. Recoger muestras a varias profundidades para monitorear profundidad de nutrimentos e indicar el laboratorio que analizo la muestra.
8. Recopilar la mayor información posible sobre el lote muestreado.

Para análisis de áreas con problemas.:

- A. Recoger muestras separados de las zonas buenas y malas.
- B. Tomar tanto muestras superficiales como profundas y diferenciales.
- C. Incluir una descripción del problema y enviarla junto con la muestra.

Qué elementos se analizan normalmente?

Los elementos a analizarse dependen de la naturaleza del suelo, los cultivos a sembrarse y de los problemas que se espera encontrar con el suelo o el cultivo.

Prácticamente, todos los laboratorios en las regiones tropicales analizan suelo por pH, al aluminio intercambiable y requerimiento de cal, P disponible y K intercambiable. Es muy recomendable, el determinar también materia orgánica, calcio (Ca) y magnesio (Mg) intercambiables: y la capacidad de intercambio catiónico (CIC).

La determinación de N en los suelos, es de valor limitado en un análisis rutinario debido a que, por su movilidad y fácil transformación, es difícil correlacionar la concentración de N en el suelo con la respuesta del cultivo a la fertilización nitrogenada.

Por otro lado, es común el análisis de nitrato (NO₃) en áreas secas. En lugares con mayor cantidad de lluvia se esta haciendo mas común, pero se debe tener cuidado con la época, sitio y profundidad de muestreo.

Se asume, que los análisis mas confiables son pH, Al y requerimiento de cal, P disponible y K intercambiable. Existe una mayor investigación en la interpretación de estos análisis, es por ello que son mas confiables.

Del análisis para elementos menores resulta necesario en el primer análisis que hagamos en un lote, de ahí en adelante, se recomienda muestrearlos cada dos años, dependiendo del cultivo y haciendo las correcciones necesarias vía foliar.

El calculo de la dosis a aplicar debe ser lo mas ajustado posible, ya que el exceso de concentración de estos elementos provoca toxicidad vegetal. Los elementos considerados son:

Secundarios: Azufre (S), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg).

Microelementos: Hierro (Fe), Manganeseo (Mg), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Boro (B), Molibdeno (Mo).

Que significan las cifras de los reportes de análisis de suelo, con frecuencia los análisis de laboratorio son mal interpretados y crean confusión.

- Las cifras presentadas en el reporte de resultados de análisis de suelo, son solamente un índice. Algunos laboratorios reportan los números en términos de cantidad de nutrientes "disponibles" para la planta. Otros con mas propiedad, llaman las cifras nutrientes extraíbles. Debe tenerse en cuenta, que el análisis de suelo no extrae y determinan la cantidad de nutrientes que están inmediatamente, sino mas bien la cantidad que puede pasar a ser disponible para la planta durante el ciclo.

Los niveles de fertilidad del suelo clasificados como bajo, medio o alto fueron calibrados con experimentos de campo, en los cuales se han estudiado diferentes cantidades y combinaciones de fertilizantes. Se puede obtener respuesta a la aplicación de un nutriente en un cultivo, pero en otro no, en un año o y otro no, a un nivel de producción y otro no. Por esta razón, se requiere de experiencia, para conducir la investigación de campo que calibra el análisis de suelo con respuestas esperadas de cultivo en diversas situaciones.

Los laboratorios pueden reportar los resultados de los análisis de suelos en diferentes formas. El contenido de nutrientes se puede reportar en: kilogramos por hectárea (kg./ha), partes por millón (ppm), microgramos por centímetro cubico (ug-cm³), microgramos por mililitro (ug/ml), mil equivalentes por 100 gramos (me/100g).

En general, se puede considerar que ppm = ug/cm³ = ug/ml. También, se puede transformar los me/100g a ppm con un calculo simple. Las ppm, ug/cm³ y ug/ml pueden transformarse a kg./ha, multiplicando estas cantidades por dos, porque se asume que la masa promedio del suelo a una profundidad de 20 cms. (capa arable) pesa aproximadamente 2,000,000 de kilogramos.

Los laboratorios usan diferentes extractantes o métodos de extracción y por esta razón, reportan diferente contenido de nutrientes en una misma muestra. Esto puede confundir, pero se debe recordar que el numero es solamente un índice que debe estar calibrado con experimentos de campo para tener validez. Por esto, una cifra de 60 kg./ha con un extractante puede significar lo mismo que una de 100 kg./ha con otro. Las dos cifras pueden categorizar el contenido de nutriente en el suelo como "medio".

- Unos laboratorios reportan los nutrientes en forma elemental (kg/ha de P, K, Ca, etc.), mientras que otros reportan resultados en términos de óxidos (kg./ha de P₂O₅, K₂O, CaO₂, etc.) Cualquiera de las dos formas es aceptable, pero las cifras serán diferentes aún cuando representan la misma cantidad extraída de un nutriente, igualmente por medio de un simple cálculo puede cambiar el uno al otro.

Cómo interpretar los análisis de suelo?

El análisis de suelo, usado conjuntamente con información suplementaria, sirve para diseñar recomendaciones que buscan eliminar la deficiencia de nutrientes del suelo como factor limitante en el crecimiento del cultivo.

Estas recomendaciones son diseñadas para maximizar la eficiencia del uso de los fertilizantes y minimizar cualquier efecto adverso de los fertilizantes en el ambiente.

Se debe hacer énfasis, que el análisis de suelo se utiliza no solamente para hacer recomendaciones de fertilización para un cultivo en particular, en un año en particular, sino también para monitorear la fertilidad del suelo. El análisis de suelo hecho periódicamente puede ser usado para determinar si la fertilidad del suelo esta siendo minada, mantenida o mejorada. De esta manera, se hará una recomendación de fertilización, tomando en consideración los requerimientos del cultivo al nivel actual de fertilidad del suelo. La determinación de las dosis se encuentra influenciada por múltiples factores, de allí que la correcta evaluación deba ser detenidamente estudiada, relacionando suelo - planta y condiciones de cultivo.

Al interpretar el análisis de suelo se deben tomar en cuenta varias cosas:

- La probabilidad de una respuesta rentable a la fertilización es mucho mayor en un suelo cuyo análisis indica un contenido bajo de un nutriente en comparación con otro de contenido alto. Se ha determinado a través de la investigación, que cuando el contenido de un nutriente en el suelo es bajo, existe del 70 al 95% de probabilidad de obtener una respuesta en producción a la aplicación de fertilizantes, con un contenido alto, la probabilidad es del 10 al 40%. Por otro lado, también se ha obtenido que con un contenido alto una aplicación en banda fósforo y potasio incrementa la probabilidad de respuesta, la cual pasa a ser 30 al 65%.

- La posibilidad de una respuesta rentable a la aplicación de fertilizantes, en un suelo con un nivel alto de fertilidad, se presenta por un lado cuando los otros factores de la producción son óptimos (posibilidad de obtener rendimientos muy altos que requieren de abundante nutrientes) o cuando las condiciones de suelo y clima imponen estrés temprano en el ciclo de crecimiento del cultivo. De igual manera, en suelos de baja fertilidad, no se asegura una respuesta rentable cuando los otros factores de la producción, como manejo y clima no son los adecuados durante el ciclo de cultivo.

Estos factores negativos, deprimen la curva de respuesta a la fertilidad creciente.

- La interpretación de los resultados de análisis de suelo y las respectivas recomendaciones de fertilización se utilizan, a menudo, como herramienta para mejorar el estado general de la fertilidad del suelo.

De esta manera, se determina cuando es necesario aplicar fertilizante para incrementar el contenido de nutrientes en suelo de bajo a medio o alto, y cual sería la forma mas económica de mantener ese nivel de fertilidad.

- Al utilizar niveles superiores de manejo de los cultivos, los rendimientos se incrementarán y de igual forma se incrementa la posibilidad de una respuesta a la aplicación de fertilizantes a cualquier nivel de fertilidad del suelo.

Aún quedan muchas preguntas en relación al análisis de suelo y a los altos niveles de rendimiento de los cultivos.

RECOMENDACIONES BASADAS EN EL ANÁLISIS DE SUELO

En la determinación de las dosis de fertilización intervienen una gran cantidad de factores.:

- Tipo de suelo.
- Tipo de cultivo (variedad, densidad, etc.)
- Tipo de fertilizante.
- Técnicas de cultivo.
- Objetivo de la fertilización.
- Costos de producción.

Las características del suelo determinan en gran medida las dosis a utilizar, en él se tienen en cuenta su fertilidad actual y su fertilidad potencial. Los suelos ricos en nutrientes disponibles, requieren de una menor o ninguna fertilización, a diferencia de los suelos pobres. Las condiciones físicas del mismo garantizan los efectos; los cultivos darán mejores resultados en suelos de buena estructura y con las condiciones óptimas de pH, drenaje, aireación, etc. La fertilización es un factor decisivo en el crecimiento agrícola, siempre y cuando, no se descuiden los demás factores, como el caso del nivel técnico implementado.

Los cultivos poseen entonces:

- Una necesidad determinada de nutrientes.

- Estos nutrientes son extraídos en proporción diferente según el cultivo, así como en las distintas etapas de su crecimiento y desarrollo.
- El nivel de fertilidad del suelo es el condicionante de las distintas proporciones absorbidas (ya sea por competencia iónica, por el pH, por la humedad del suelo, etc.).

Las plantas cumplen con un ciclo al finalizar este, son cosechadas y sus restos orgánicos son incorporados al suelo. Esta restitución debe tomarse en cuenta en los cálculos globales de la fertilización.

Las distintas fuentes de los nutrientes, permiten alcanzar los objetivos propuestos, aunque el objetivo de fertilización varíe, se busca una máxima producción o un máximo beneficio. Aquí, se vuelven importantes los costos de producción.

Dependiendo el cultivos y los usos de este, hay casos en que a mayores dosis, se obtienen mayores calidades y otros al aumentarse la producción cuantitativamente, disminuyen las características cualitativas.

Para el cálculo de la dosificación, se recurre a los siguientes procedimientos.:

- Análisis químico de los suelos.
- Extracción nutritiva de los cultivos.
- Análisis biológico de los suelos.
- Análisis de la planta y su sintomatología.
- Pruebas de fertilización.

El análisis químico de los suelos es el primer paso importante para determinar la fertilización que se aplicará.

El método de análisis incluye, principalmente, la determinación del pH, textura materia orgánica, fósforo, potasio, magnesio, calcio, nitratos, azufre, elementos menores, cic, (capacidad de intercambio catiónico).

La determinación de las dosis se encuentra influenciada por muchos factores, es por eso que para una correcta evaluación, se debe relacionar detenidamente la relación suelo-planta y condiciones de cultivo.

Las determinaciones básicas: La textura, que es el porcentaje de la arcilla, limo y arena del suelo. Se determina por varios métodos, como C. Tanes o el de Bouyoucos.

El pH se determina por medio de "potenciometro", que es un aparato sensible que mide los extractos del suelo disueltos en agua, en una proporción de una parte de suelo por dos de agua.

El calcio asimilable (así como el potasio, el magnesio y el sodio), se calcula a partir del elemento intercambiable extraído de una muestra de suelo, con una solución del acetato amónico. La materia orgánica se mide con el método de Walkley-Black, oxidándola con dicromato de potasio. Para la obtención del fósforo asimilable, se emplea el método de Olsen y Bray-Kurt, según se trate de suelos neutros o un pH mayor en el primero o suelos ácidos en el segundo.

Los carbonatos totales, es decir su porcentaje total, se obtiene con el calcímetro de Bernard.

En síntesis, la determinación de pH, textura y calcio sirven para tener conocimiento de las condiciones generales del suelo.

La cantidad de materia orgánica provee orientativamente la cantidad de nitrógeno, principalmente de fósforo y potasio, indica las características de muy pobre, pobre, mediano, rico y muy rico; respecto a dichos elementos amoniacales.

Extracción nutritiva de los cultivos. Los cultivos extraen del suelo distintas cantidades de nutrientes, variando de una especie a otra; éstas cantidades también cambian según las condiciones en que crece y se desarrolla el cultivo. Conociendo además los nutrientes que las plantas devuelven al suelo (una vez cosechadas e incorporadas, se pueden establecer el balance de pérdidas y ganancias que tiene el mismo, en su ciclo agrícola.

Las exigencias globales de la mayoría de los cultivos han sido determinados, experimentalmente, determinándose a partir de éstos las cantidades de nutrientes que debe de extraer el suelo.

Conociendo las necesidades medias de los cultivos, conjuntamente con el análisis de los suelos, se determina principalmente, las fertilizaciones correspondientes de nitrógeno, fósforo y potasio.

En la fertilización nitrogenada se tiene en cuenta la cantidad de nitrógeno (obtenida por análisis), que puede aportar el suelo por medio de la mineralización de la materia orgánica, ésta cantidad menos las necesidades del cultivo, posibilita un balance de nitrógeno, cuya diferencia (entre lo que se tiene y lo que se necesita), es la dosis de fertilización que se aplicará.

Como el nitrógeno es un elemento muy móvil dentro del suelo y los requerimientos del vegetal son variables a través de su ciclo, las aplicaciones se harán preferentemente, de una forma fraccionada de acuerdo a las distintas dosis óptimas.

En la fertilización fosfatada, el análisis del fósforo asimilable del suelo, permite tener una idea de la respuesta del cultivo a la fertilización; en suelos muy ricos tratará de mantener el nivel de fertilidad; en caso de suelos pobres, la dosis corresponderá al balance obtenido entre la existencia de fósforo asimilable y las necesidades del cultivo.

Este planteamiento funciona también con los fertilizantes potásicos, buscando un mantenimiento del nivel de esa fertilidad.

Los resultados numéricos reportados por un laboratorio pueden ser diferentes que los de otros laboratorios, pero esto no significa que uno este correcto y el otro no. Una de las causas de la discrepancia es el uso de extractantes diferentes.

Como se menciona anteriormente, la figura numérica es relativa y su significado en términos de alto medio y bajo puede diferir con el laboratorio, dependiendo del sistema de calibración y de los criterios usados para hacer una recomendación.

Es por eso, que con el mismo análisis de suelo, dos profesionales pueden hacer diferente tipo de recomendación, dependiendo de la información que maneje cada uno de ellos, como: Meta de producción del cultivo, plan para incrementar o disminuir los diferentes niveles de fertilidad del suelo. Es por ello, que entre mas datos proporcionemos sobre la historia del lote y destino del cultivo, será mas exacta la recomendación que obtengamos del laboratorio.

Por está razón, las recomendaciones hechas por computadora, deben de ser utilizadas con cautela. Estas recomendaciones, deben ser modificadas por aquellos que conocen la historia del campo, las prácticas de manejo del agricultor y muchas de las condiciones locales que determinan el rendimiento.

La computadora proporciona un tremendo ahorro de trabajo en la manipulación de datos y esto permite la existencia de menos errores en los cálculos y el reporte de los resultados del laboratorio. Se puede programar la computadora para diseñar recomendaciones de fertilización, pero éstas solamente servirán de guías general, no debemos esperar que la computadora tome decisiones o juegue situaciones particulares de cada lote.

ANÁLISIS FOLIAR

Este tipo de análisis se basa en el concepto de que la concentración de un elemento esencial en la planta o parte de la planta, indica la habilidad del suelo para proporcionar este nutriente. En este caso, la planta funciona como solución extractora.

Se asume que la concentración de nutrientes en la planta está directamente relacionada con la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo para la planta.

También, se asume que el contenido de un nutriente en la planta está directamente relacionado con la producción.

La expresión "análisis foliar", usualmente, se refiere al análisis cuantitativo del contenido de un macro o micro nutriente en toda la planta o en parte de ella. El análisis foliar se debe distinguir de los análisis rápidos y semicuantitativos de tejidos, que pueden hacerse en campo y que determina el contenido de N soluble (como nitrato), P soluble, como H_2PO_4 , y potasio soluble (K). Estos análisis pueden dar una idea de los nutrientes contenidos, pero no tienen la precisión encontrada en los análisis foliares.

Para fines de diagnóstico del estado nutricional del cultivo, rara vez se analiza toda la planta, sino solamente la hoja u otro órgano que refleje adecuadamente la condición de nutrición de la planta.

Razones para usar el análisis foliar

Diagnóstico o confirmación de síntomas visuales:

Las diferencias de nutrientes son de menudo difíciles de identificar, debido a que factores diferentes pueden causar síntomas similares. Por otro lado, un síntoma causado por la deficiencia de un elemento puede parecerse al provocado por falta de otro.

Ejemplos de éste caso son: Hierro con manganeso, en la mayoría de los cultivos; manganeso con zinc, en el caso de la naranja y la deficiencia de fósforo y potasio provocan toxicidad con aluminio en varios cultivos. Comúnmente, los análisis foliares de usan para comparar plantas normales con anormales.

Identificar “hambre escondida”

En ocasiones, la planta puede sufrir de una deficiencia de nutrientes, pero no mostrar ningún síntoma o signo. El análisis foliar ve mas allá de la apariencia del cultivo y permite diagnosticar problemas nutricionales no aparentes.

Indicar si los nutrientes indicados han ingresado a la planta cuando se obtiene respuesta a la aplicación de nutrientes, se puede concluir que el suelo tenía adecuado contenido de nutrientes, aún cuando los rendimientos se encuentren deprimidos o no sean los que normalmente se obtienen.

En éstos casos, es necesario considerar que existen otros factores como localización inadecuada de nutrientes, propiedades químicas del suelo, estrés de humedad o presencia de plagas, que pueden haber interferido en la absorción. Solamente el análisis foliar permitirá conocer si el nutriente ha ingresado a la planta o no.

Por otro lado, ciertos fertilizantes contienen mas de un elemento, como el caso del super-fosfato simple, que además de fósforo contiene calcio y azufre. La respuesta a la aplicación de este fertilizante se atribuye, principalmente, a su contenido de fósforo y esta es la principal razón por la que se utiliza.

Se ha comprobado que el incremento en rendimiento obtenido por la aplicación de este fertilizante, se debe al azufre que era el nutriente limitante y no al fósforo. El análisis foliar demuestra que la concentración de fósforo no aumenta, pero sí la concentración del azufre, como consecuencia de la aplicación del fertilizante.

Indicar Interacciones o Antagonismos entre Nutrientes

En algunas ocasiones, la adición de un nutriente afecta la absorción de otro por la planta. El exceso de potasio puede disminuir la absorción de magnesio. El pH alto, promovido por el encalado, aumenta la absorción de molibdeno.

En elevadas dosis el fósforo disminuye la absorción del azufre, estas interacciones o antagonismos se pueden identificar con el análisis foliar.

Estudiar el comportamiento de los nutrientes un año a través de los años.

El análisis foliar periódico durante el ciclo, particularmente en cultivos perennes, ayuda a determinar si un nutriente se está tornando deficiente y es necesaria una fertilización suplementaria.

La toma de muestras foliares de un cultivo a través de los años, verifica el curso de los niveles de fertilidad en el suelo. Muchas de las deficiencias de nutrientes más comunes son el resultado de prácticas inadecuadas de encañado y fertilización por varios años. La deficiencia o el exceso de nutrientes en la planta puede ser detectado antes que aparezcan los síntomas visuales, o una baja en la calidad, o producción del cultivo. El análisis foliar o de suelos se complementan perfectamente en éstos casos.

Es muy importante la relación entre el análisis foliar y los niveles de nutrientes en el suelo y/o los nutrientes aplicados.

Por esta razón, es esencial conducir estudios con dosis variables de nutrientes para definir estas relaciones. Estos estudios deben ser conducidos de tal forma que los rendimientos a obtenerse sean realmente altos, mucho más altos que las medias nacionales del cultivo. La concentración considerada adecuada tiende a ser mayor a medida que el rendimiento aumenta. Un excelente ejemplo, el potasio en la alfalfa. Hace varios años, un contenido 1.25% de potasio era considerado adecuado. A medida que las producciones subieron, el valor fue cambiando a 1.5, 1.75, 2.0 y 2.5% potasio, ahora muchos piensan que es necesario 3% de potasio para una producción alta y sostenida de alfalfa. A niveles bajos de producción, otros factores, a parte del contenido de nutriente de la planta, pueden estar limitando la producción y el contenido foliar de un nutriente no ayuda mucho en el diagnóstico.

Niveles Críticos

Se han determinado niveles críticos para muchos nutrientes en muchos cultivos. El nivel crítico se define como el contenido de un elemento por abajo del cual el rendimiento o comportamiento del cultivo es menor que el óptimo.

En algunas circunstancias, se considera que aquel punto donde se obtiene 90 a 95% del máximo de la producción. En realidad, es muy difícil definir el nivel crítico como un valor exacto, debido a que muchos factores actúan e interactúan en los procesos de la producción. Es más acertado definir rangos de concentración dentro de los cuales se obtienen rendimientos económicos máximos.

Rangos de Concentración

El contenido o la concentración de un elemento puede ser clasificado de diferentes maneras. La manera más simple es clasificar el contenido como: bajo, medio y alto o adecuado. En algunos cultivos existen datos suficientes para hacer una clasificación más amplia como deficiente, bajo, adecuado, alto y excesivo (ver tabla).

La concentración excesiva de un nutriente puede ser tan limitante para la producción como para la deficiencia, por esta razón, es importante el análisis foliar como herramienta de diagnóstico.

Balance de nutrientes

Se puede hacer un mejor diagnóstico de la situación nutricional de un cultivo, cuando se consideran las relaciones entre ciertos pares de elementos y no solamente la concentración de un elemento en forma aislada, las relaciones más conocidas son: N/P, N/K, N/S, N/B, P/Ca, P/Mg, P/Zn, K/Ca, Ca/Mn, Fe/mN. Este enfoque, ha sido refinado en los últimos años en el llamado " Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendaciones (DRIS) ". Con el DRIS, se comparan las relaciones encontradas en un cultivo con las relaciones obtenidas en cultivos altamente productivos. Cuando más se desvían las primeras de las segundas, mayor es la deficiencia o mayor el desequilibrio. Algunos trabajos evaluando DRIS, se han conducido en varios países de Latino América.

FACTORES QUE AFECTAN LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN LAS PLANTAS

MANUAL DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS (F.A.R., P.P.I.)

El nivel de fertilidad del suelo y la cantidad de nutrientes añadidos como fertilizante mineral u orgánico, residuos de cosecha y las enmiendas son factores claves en la disponibilidad de nutrientes, sin embargo, la concentración de un nutriente en la planta es el valor integrado de todos los factores que han interactuado, influenciando el crecimiento. Considerando la diversidad de factores que influyen en el crecimiento y el rendimiento del cultivo, es sorprendente que las relaciones entre nutrientes en los tejidos de las plantas se presenten y mantengan también como lo hacen. Algunos de éstos factores se discuten a continuación.:

Humedad del Suelo

En condiciones de baja humedad en el suelo, la absorción de nutrientes, particularmente N, K, Ca, Mg, S y B es mas difícil. En consecuencia, la concentración foliar de los elementos disminuye. Es importante añadir suficiente cantidad de fertilizante para asegurarse contra las variaciones de humedad en el suelo y otras condiciones desfavorables del ambiente durante el ciclo del cultivo.

pH del Suelo

La acidez o la alcalinidad influye en la disponibilidad de cualquier nutriente. Por ejemplo, un pH alto tiende a disminuir la disponibilidad de Fe, Zn, Mn y B, pero incrementa la disponibilidad de Mo en las plantas. Un pH bajo, hace más difícil la absorción de Mg y P, pero aumenta la absorción de Mn, Fe.

Labranza del Suelo y Localización del Fertilizante

Las prácticas de labranza mínima o labranza de conservación pueden reducir la absorción de nutrientes como el P y K. Esto se debe en parte a disponibilidad posicional, porque gran parte del fertilizante se aplica en voleo y permanece sobre o cerca de la superficie. La localización de nutrientes en banda cerca de la semilla o a mayor profundidad del suelo, mejora la absorción de los nutrientes en etapas de crecimiento temprano. Esto no solo mejora la absorción e incrementa la concentración foliar, sino que mejora la producción.

Compactación

La compactación del suelo, superficial o subsuperficial, natural o provocada, afecta la habilidad de la planta para absorber nutrientes por las raíces. La compactación reduce la cantidad de oxígeno en el suelo, ya que disminuye la porosidad. El oxígeno del aire es esencial en los procesos de absorción que dependen de la energía obtenida con la respiración. A bajas concentraciones de oxígeno, los procesos de producción de energía para las raíces son lentos y consecuentemente la absorción de nutrientes es lenta. Por otro lado, la compactación puede aumentar la concentración de elementos como el Mn, que puede llegar a niveles tóxicos en el suelo y en la planta; y en consecuencia los rendimientos disminuyen. Esto ocurre, por ejemplo, en caña de azúcar, donde se ha observado una relación inversa entre el rendimiento y el contenido Mn en suelos compactados. La fertilización puede compensar en parte los daños causados por la compactación.

Híbridos o Variedades

El rendimiento de un cultivo es el resultado de su capacidad genética y la influencia del ambiente (suelo y clima principalmente). Los híbridos o las variedades varían apreciablemente en su capacidad de producción. Por ejemplo, en un mismo suelo y con la misma fertilización, una variedad mejorada puede producir 2-3 toneladas por hectárea, mientras que un híbrido puede producir de 3 a 4 veces más bajo, con exactamente las mismas condiciones ambientales.

Obviamente, absorción total de nutrientes es diferente entre los dos materiales. Se debe desarrollar mas información para determinar diferencias en niveles críticos o de suficiencia de nutrientes para variedades e híbridos específicos.

Interacciones

Altas concentraciones de un elemento pueden causar desbalance o deficiencia de otro elemento. La relación entre el P y Zn es un ejemplo. Una alta cantidad de P disponible, puede reducir la cantidad de Zn absorbido por la planta. En condiciones de suplemento marginal de Mg en el suelo, una aplicación de potasio (K), puede reducir la absorción de Mg al punto de causar una deficiencia en la planta. La concentración de potasio (K) en la planta, puede reducirse por una alta cantidad de amonio (NH₄).

Estado de Crecimiento

La concentración de un elemento considerada adecuada, cambia a medida que la planta crece y madura. Es por esto, que es importante muestrear foliarmente cuando sean tomadas estas muestras, deben ser en etapas comparables y reconocibles de crecimiento. Esto permite hacer comparaciones entre lotes y entre muestras del mismo lote a través de los años.

Muestreo para Análisis Foliar

El muestreo de hojas para fines de diagnóstico nutricional, evaluación de la fertilidad y recomendaciones de fertilización, es aún mas crucial en el caso de muestreo de suelos.

Las hojas mas representativas son aquellas que han madurado recientemente, cuyo crecimiento ha terminado, pero no han empezado a envejecer. Investigación conducida en todo el mundo en diferentes cultivos, ha determinado el tipo, época y número de hojas a muestrearse. Cualquier desviación a éstos criterios, podría conducir a resultados erróneos y por lo tanto, un mal diagnóstico.

Existe una guía que nos indica que hojas muestrear y que época (ver tabla).

Hemos visto los factores que afectan la fertilidad en los suelos, también mencionamos que una de las formas más seguras de saber que hay en la tierra, es con los análisis de suelo, como saber si la planta está tomando del suelo lo que necesita, muestreando las hojas, para hacer un análisis foliar.

Con esta información podremos suministrar al suelo lo que la planta va a absorber de éste.

En base a los resultados que obtengamos por parte del laboratorio y la cantidad de nutrientes.

Resultado de los Análisis de Suelo

AGRONOMY HAND BOOK

En un reporte de análisis de suelo, normalmente la información que debe contener es.:

1. Porcentaje de materia orgánica ("Liberación de nitrógeno estimado").

Es la cantidad de residuos de plantas y animales en el suelo. El color del suelo normalmente tiene relación directa con la cantidad de materia orgánica, entre más oscuro es el suelo es mayor la cantidad de materia orgánica.

La materia orgánica como reserva de muchos de los nutrientes esenciales y en especial el nitrógeno. La actividad de las bacterias en el suelo permite liberar nitrógeno de estas reservas, haciéndolo disponible para las plantas, el "Liberación de Nitrógeno Estimada" es la cantidad de nitrógeno que se va ir liberando durante el ciclo, esta se va a ver afectada por las variaciones de clima, en las diferentes estaciones del año, así como también las condiciones físicas del suelo.

2. Fósforo

Existen tres tipos de análisis de fósforo. El P1 (weak Bray), éste análisis mide el fósforo inmediatamente disponible para las plantas. El nivel óptimo varía dependiendo del cultivo, rendimientos y condiciones de suelo para la mayoría de los cultivos en cantidades de 20 a 30 ppm se considera adecuada. Niveles mayores son necesarios para cultivos de alta producción, así como para ciertos cultivos de hortaliza.

El P2 (strong Bray), éste análisis mide el fósforo inmediatamente disponible, así como también el fósforo de reserva en el suelo que es activo. El nivel óptimo es de 40 a 60 ppm, es deseable para buenas cosechas en la mayoría de los cultivos.

El P bicarbonato (sodium bicarbonate), éste análisis mide el fósforo disponible en suelos ligeramente básicos (7.0-7.2) hasta suelos fuertemente básicos (7.3 en adelante). En suelos básicos, el fósforo existente es en forma de fosfatos alcalinos. La extracción hecha por la dilución de bicarbonato de sodio, está relacionado con el hecho de como los cultivos lo extraen en esos suelos. Las extracciones que se llevan a cabo en P1 y P2 son ácidas (pH bajos). Estas soluciones extractoras son neutralizadas por la presencia de cal disponible en suelos con pH altos, dando por resultado niveles bajos de fósforo.

La relación entre P1 y P2 ayuda a evaluar la capacidad del suelo para fijar el fósforo. Una relación mayor de 1 a 3 puede ser el resultado de suelo con altos pH. Calcio disponible altos en contenido de arcilla, o altos aportes de fertilizantes fosforados de muy baja solubilidad o fuertes fosforados de alta solubilidad aportados muy recientemente.

3. Potasio

Este análisis mide el potasio disponible. El nivel óptimo variara, de acuerdo al cultivo, tipo de suelo, condición física y los demás factores relacionados al suelo. Por lo general, altos niveles de potasio son necesarios en suelos con altos contenidos de arcilla y materia orgánica. Niveles bajos de potasio en suelos arenosos o de bajo contenido de materia orgánica. Suelos claros de textura pobre contienen niveles aceptables de potasio, rangos de 100 a 150 ppm. Suelos oscuros de textura pesada requerirán de niveles de potasio que van de 150 a 250 ppm.

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

4. Magnesio y Calcio

Los niveles de calcio y magnesio encontrados en el suelo se ven afectados por tipo de suelo, drenaje, prácticas de encalado y de cosecha. Estos cationes básicos tienen una relación muy estrecha con el pH del suelo, entre más se incrementa el pH se incrementa el porcentaje de calcio y magnesio.

Las deficiencias de calcio son muy raras en pH adecuados. Las deficiencias de magnesio son más comunes.

Un nivel adecuado de magnesio anda en los rangos de 50 a 70 ppm. Las necesidades de magnesio se pueden determinar por una saturación de base, el cual tiene que ser mayor de 10%.

5. Sodio

Se considera que tiene una relación directa con la condición física del suelo. Una mala condición física y química del suelo, desarrolla suelos con una alta capacidad de sodio intercambiable.

6. pH del Suelo

El pH es la medida ácida o alcalina de un suelo pH:

6.9	o	menor	Es ácido
7			Es neutral
7	o	mayor	Es básico

En condiciones normales, el pH de un suelo ideal debe de ser:

6.0 a 7.0	cuando se trata de un suelo mineral
5.0 a 5.5	cuando se trata de un suelo orgánico

7. Índice Buffer o Amortiguador

Es el valor usado para determinar la cantidad de cal a aplicar en suelos ácidos con un pH menor de 6.6. Entre menos sea el índice Buffer mayor será la cantidad de cal requerida.

8. Hidrógeno

Los iones hidrógeno en el suelo contribuyen a la acidez del suelo, cuando el valor de pH es menor de 7.0, la cantidad de iones hidrógeno aumenta si el pH es mayor 7.0 indica un suelo alcalino y no son detectados iones hidrógeno.

9. Capacidad de Intercambio Catiónico

La capacidad de intercambio catiónico mide la capacidad del suelo para fijar nutrientes, tales como; potasio, magnesio y calcio; así como otros elementos iones cargados positivamente, como son sodio e hidrógeno. La capacidad de un suelo depende de las cantidades y tipos de arcilla y materia orgánica presente. Comúnmente la capacidad de intercambio catiónico se mide en miliequivalentes por 100 gramos (meq/100g de suelo). En la mayoría de los suelos variará de 2 a 35 meq/100g, dependiendo el tipo de suelo.

Los suelos con una alta capacidad de intercambio catiónico deben tener, por lo general, alta cantidad de arcillas y materia orgánica.

10. Porcentaje de Saturación de Bases

El porcentaje de saturación de bases es referido a la proporción de la capacidad de intercambio catiónico ocupado por un catión cedido de un complejo de intercambio.

Los cationes con mayor significancia con respecto a las plantas son calcio (Ca^{++}), Magnesio (Mg^{++}), Potasio (K^{+}), Sodio (Na^{-}), Hidrógeno (H^{-}), así como Amonio (NH_4^{+}). Los primeros cuatro son nutrientes y tienen una relación directa con el crecimiento de la planta. El sodio y el amonio tienen un efecto sobre la humedad del suelo y la disponibilidad de nutrientes.

Los porcentajes óptimos son:

Potasio	1 a 5
Magnesio	10 a 40
Calcio	40 a 80

11. Nitratos

El análisis de suelo mide nitratos - nitrógeno ($\text{NO}^- - \text{N}$) son solubles en agua e inmediatamente disponibles por la planta. Cuando buscamos niveles nitrógeno óptimos para el desarrollo de las plantas es importante la profundidad de donde sacamos la muestra. Es necesario tomar en cuenta, otros factores del suelo como materia orgánica. No es recomendable muestrear contenidos de nitrógeno para áreas con muy alta precipitación o suelos con una alta capacidad de intercambio catiónico.

12. Azufre

Este análisis de suelo mide sulfato - azufre ($\text{SO}_4^{2-} - \text{S}$), el cual es inmediatamente disponible por la planta. Los niveles óptimos de azufre dependen del contenido de materia orgánica, textura del suelo, drenaje y a la producción a la que queramos llegar.

El consumo de azufre por las plantas se va a ver incrementado en relación directa que se cumplan las siguientes condiciones:

- Buen drenaje, baja capacidad de intercambio catiónico en los suelos.
- Bajo contenido de materia orgánica.
- Suelos con pH menores de 6.0
- El uso de fertilizantes de alto análisis.

13. El análisis de elementos menores se debe hacer con mucho cuidado, ya que se usan soluciones extractoras dependiendo del pH del suelo.

14. Zinc

Niveles de 3 a 6 ppm se consideran normales. Si la extracción se hace con el 0.1 N HCL niveles 1.8 a 2.5. Si la extracción se hizo DTPA, debemos tomar en cuenta en la interpretación de análisis de Zinc, hay que conocer la disponibilidad de fósforo en el suelo, pH, el cultivo y la producción esperada.

15. Manganeso

Rangos de 20 a 30 ppm de manganeso extraíble se consideran normales si la extracción se hizo 0.1 N HCL. Rangos de 14 a 22 ppm se consideran adecuados cuando se uso DTPA.

Materia orgánica, cultivo, producción esperada se debe tomar en cuenta para la interpretación del análisis, debido a que el manganeso es convertido a formas insolubles muy rápidamente. Es muy importante la forma de aplicación, aplicaciones foliares son recomendadas para corregir deficiencias.

16. Niveles de 20 a 30 ppm de Fe (fierro) extraíble son considerados adecuados, ya sea si se uso 0.1 N N HCL o DTPA como extractante. El pH del suelo es muy importante para la interpretación de los análisis.

La manera mas recomendable de aplicación es via foliar.

17. Cobre

Niveles de 1 a 1.8 ppm de cobre pueden ser suficientes para ambos métodos de extracción. El pH del suelo, el nivel de materia orgánica, altas dosis de nitrógeno, tipo de cultivo son importantes en la interpretación de análisis de cobre.

18. Boro

La manera de extraerlo del suelo es por medio de agua caliente, rangos de 1 a 1.5 ppm son considerados adecuados, tomándose en cuenta pH, materia orgánica y textura como cultivo para la interpretación de los análisis.

19. Encalado

Suelos con alto contenido de cal fijan con gran fuerza elementos mayores y menores, convirtiéndolos en no disponibles para las plantas. Una aplicación de azufre elemental o fertilizantes que causen acidez mantienen disponibles elementos tales como: fósforo y micronutrientes.

20. Sales Solubles

Si el nivel de salinidad a menor de 100 mmhos/cm el efecto es insignificante. Para lecturas mayores 1.0 mmhos/cm se requerirán plantas con tolerancia a las sales.

Una excesiva concentración de sales, se puede deber a un desarrollo natural del suelo, a una agua de riego de mala calidad, una fertilización excesiva o contaminación de sales causa estrés por agua, provocando la muerte en las plantas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a la experiencia propia y a los estudios formales de muchos investigadores en la rama agronómica, para poder dar indicaciones de manejo de fertilidad de los suelos, debemos partir de los "análisis de suelos", que nos darán a conocer el contenido de nutrimentos en un suelo en particular y con base en ellos, determinar la forma mas efectiva de aportar los nutrimentos requeridos por el o los cultivos que se deseen establecer en el área de nuestro interés.

Sin embargo, en la mayor parte de nuestro país, los agricultores aplican las formulaciones de fertilización, basándose en las indicaciones hechas por los centros de investigación agrícola, los cuales realizan las observaciones en sitios específicos y condiciones ambientales particulares y los resultados de producción y productividad son aceptables, pero no serian efectivos o económicamente rentables para el agricultor común, en que el manejo y las condiciones edáficas y ambientales son distintas a las áreas en que los investigadores agrícolas realizan sus estudios.

Por lo antes expuesto, el agricultor común tiene que tomar en cuenta los factores ambientales como: temperatura, precipitación, iluminación, vientos, etc.

Factores genéticos como: variedades, híbridos, etc.

Factores físicos del suelo como: capacidad de intercambio cationico, materia orgánica, reacción del suelo, etc.

Con éstos datos, el productor puede conocer por si mismo o asesorado por personas capacitadas, sobre las características del suelo como fijación de algunos elementos, contenidos de cada elemento esencial, estado químico de los mismos, clase textural, etc. De esta manera, puede determinar mejor las prácticas agronómicas, mecánicas y vegetativas que debe realizar en sus suelos.

La fertilización balanceada con el tiempo y balanceada con el ecosistema, son importantes aspectos a considerarse en la suplementación de los requerimientos de los cultivos con fertilizantes.

La sincronización del aporte de nutrimentos con la demanda ayuda a utilizar el potencial genético de la planta y ayuda a prevenir las pérdidas de nutrimentos por lixiviación.

Consecuentemente, se mejora la eficiencia del uso de los fertilizantes, en este contexto, el manejo del sistema radicular debe ser parte del manejo integral del cultivo. Sin embargo, se observa a menudo que existe una falta de sincronización entre la demanda del cultivo y aplicación del fertilizante, que frecuentemente es también insuficiente en cantidad y no es del tipo apropiado para las necesidades.

Los factores de ingreso y salida del suelo, influyen el balance de los nutrimentos individuales en forma diferente, de acuerdo con factores como la fijación, movilidad, abundancia, etc. El balance de nutrimentos cambia, al cambiar las prácticas de manejo del cultivo y del suelo, ya sea para prevenir las pérdidas de nutrimentos por erosión, lixiviación y/o para mejorar el aporte de nutrimentos. El uso de fertilizantes tiene que acoplarse flexiblemente a los cambios inducidos por las respectivas prácticas de manejo.

El análisis de suelos y de las hojas son indispensables para detectar y corregir los desbalances y poder elaborar recomendaciones de fertilizantes específicos para el sitio.

El fin de este trabajo, es el resaltar la importancia de cada uno de los elementos mayores, elementos secundarios y elementos menores que participan en la alimentación de las plantas y el uso racional de los fertilizantes, con el único fin de conservar el suelo en buenas condiciones, elevar los rendimientos por unidad de superficie y proporcionar un buen ingreso económico para el productor.

El uso de fertilizantes en México esta concentrado actualmente en fertilizantes sólidos: Tres del tipo nitrogenados, tres del tipo fosforados y tres potásicos; aún cuando se usa amoniaco anhidro, un poco de ácido fosfórico y ahora recientemente UAN-32, en aplicación directa al suelo. Esto ofrece una idea del importante potencial que existe en materia de fertilizantes líquidos y de otros fertilizantes no convencionales, pero de importancia para la agricultura.

Una industria abierta a la competencia internacional, como esta empezando a ser la de México, tendrá que realizar importantes esfuerzos para elevar su competitividad y seguir incrementado sus capacidades productivas con procedimientos eficientes y no contaminantes, a la vez que introducir y desarrollar nuevos productos fertilizantes, que cumplan con los requisitos de alto contenido de nutrimentos, alta efectividad agronómica y características aptas de manejo; así como tomar en cuenta en la aplicación de fertilizantes de los suelos mexicanos, son en su mayoría tropicales y se comportan en forma diferente a suelos templados, cuyos resultados se reportan en la bibliografía, así como la necesidad de ir formando una historia edáfica de nuestros lotes.

Existe también la necesidad de perfeccionar canales de distribución de los fertilizantes, ya que esta sigue siendo a través de la red de comercialización que ya existía de Fertimex, arrastrando muchos de los vicios creados por el burocratismo.

FERTILIZACION BALANCEADA CON EL ECOSISTEMA

La preocupación válida de mantener y mejorar el medio ambiente nos obliga a conocer adecuadamente cuales son los factores que potencialmente alteran el equilibrio. Es claro que se debe mantener el equilibrio produciendo al mismo tiempo suficiente para alimentar una población en constante crecimiento.

Desde el punto de vista de la nutrición de cultivos, la producción económica de rendimientos altos sostenidos debe mantener un balance entre lo que entra y lo que sale del sistema. En general se puede considerar 5 factores de entrada y 5 de salida en el flujo de nutrientes en un agro-ecosistema (Fig.).

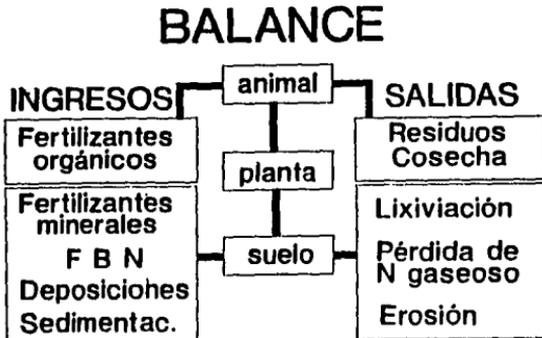


Fig. Esquema de potenciales pérdidas y ganancias de nutrientes en el suelo.

Los fertilizantes minerales, fertilizantes orgánicos, fijación biológica del N y las deposiciones y sedimentaciones tienen que balancear la pérdida de nutrientes causados por la remoción de nutrientes en los productos de la cosecha que salen del campo, remoción de residuos de cultivos, lixiviación, pérdida gaseosa de N y erosión.

ANEXO I COMPOSICION PORCENTUAL MEDIA DE FERTILIZANTES QUIMICOS

Fertilizantes químicos	Fórmula	N total	P ₂ O ₅ asimilable	K ₂ O soluble en agua	CaO	MgO	S	
<i>Nitrogenados</i>								
Amoníaco anhidro	NH ₃	82						
Soluciones amoniacales	NH ₄ OH	20 - 25						
Nitrato amónico	NO ₃ NH ₄	33.5 - 31.5						
Nitrato amónico + caliza	NO ₃ NH ₄	20.5 y 20			10.20	0 - 7.5		
Sulfato amónico	SO ₄ (NH ₄) ₂	20.6 - 21					24	
Nitrosulfato amónico	SO ₄ (NH ₄) ₂ + NO ₂ NH ₄	26						
Cianamida cálcica	CN ₂ Ca	20.5			54			
Nitrato cálcico	(NO ₃) ₂ Ca	15.5			28			
Nitrato sódico	NO ₃ Na	16						
Urea	CO(NH ₂) ₂	46						
Urea formaldehído	CO(NH ₂) ₂	38						
Soluciones de urea y nitrato amónico		32						
Soluciones de amoníaco y nitrato amónico		40						
<i>Fosfóricos</i>								
Superfosfato simple	(PO ₄) ₂ H ₄ Ca	16 a 18			26 - 28	0.5	12	
Superfosfato triple	(PO ₄) ₂ H ₄ Ca	42 - 46			17 - 20	0.5	10	
Factoría básica Thomas		16 - 18			45 - 50	2 - 5		
Metafosfato cálcico	(PO ₃) ₂ Ca	64			25			
Fosfato bicálcico	PO ₄ HCa	35 - 38			32			
Acido fosfórico líquido	PO ₄ H ₃	52 - 54						
<i>Potásicos</i>								
Cloruro potásico	ClK			50 y 60	0.3			
Sulfato potásico	SO ₄ K ₂			48 - 50			18	
<i>Binarios</i>								
Fosfato monoamónico	PO ₄ H ₂ NH ₄	11	48		1.5	0.5	2.6	
Fosfato biamónico	PO ₄ H(NH ₄) ₂	21	53					
Nitrato potásico	NO ₃ K	13		44				
<i>Ternarios</i>								
Complejos y compuestos			Diversas fórmulas					

ANEXO II COMPOSICION MINIMA DE LAS "UNIDADES FERTILIZANTES"

A	
Fertilizantes nitrogenados (N nítrico, N amoniacal, N amfídico, N total)	
Nitrato de cal	15.5% de N nítrico
Nitrato de sodio	15.5% de N nítrico
Nitrato amónico	33.5% de N total (50% amoniacal, 50% nítrico)
Nitrato amónico cálcico	20.5% de N total (50% amoniacal, 50% nítrico)
Sulfato amónico	20.5% de N amoniacal
Nitrosulfato amónico	26.0% de N total (mínimo: 5% nítrico)
Clamamida de cal	20.0% de N total (mínimo: 15% amfídico)
Urea	46.0% de N amfídico
Agua amoniacal	30.0% de N amoniacal
Soluciones nitrogenadas	30.0% de N total
Amoníaco anhidro	30.0% de N amoniacal
B	
Fertilizantes potásicos (K₂O soluble en agua)	
Cloruro de potasa	50.0% de K ₂ O soluble en agua
Sulfato de potasa	48.0% de K ₂ O soluble en agua
Sales brutas de potasa	20.0% de K ₂ O soluble en agua
C	
Fertilizantes fosfóricos (P₂O₅ soluble en agua y citrato amónico)	
Superfosfato simple	16.0% de P ₂ O ₅ soluble en agua y citrato amónico
S. doble o enriquecido	30.0% de P ₂ O ₅ soluble en agua y citrato amónico
S. triple o concentrado	43.0% de P ₂ O ₅ soluble en agua y citrato amónico
Escorias de desfosforación	15.0% de P ₂ O ₅ soluble en ácido nítrico al 2%
Fosfato bicálcico	38.0% de P ₂ O ₅ soluble en citrato amónico
Fosfato bicálcico natural	25.0% de P ₂ O ₅ total
D	
Fertilizantes compuestos	
NPK, NP y PK	Suma de riquezas de N, P ₂ O ₅ y K ₂ O, mínimo 25%. Riqueza mínima de cada elemento: 5%
NK (nitrato potásico)	13% N, 44% de K ₂ O
Equilibrios corrientes	1-1-1; 1-1-2; 1-2-1; 1-2-2; 1-3-2; 2-1-1; 2-4-1; 1-2-0; 1-3-0; 1-5-0; 0-1-1; 0-1-2; 0-2-1
E	
Otros	
Carbonato cálcico	32% de Ca
Carbonato cálcico magnésico	21% de Ca, 8% de Mg
Cal viva (óxido de calcio)	56% de Ca
Cal apagada (hidróxido de calcio)	40% de Ca
Yeso (sulfato de calcio)	18% de Ca
Margas y productos diversos	18% de Ca
Sulfato magnésico	9% de Ca
Carbonato magnésico	24% de Mg
Oxido de magnesio	54% de Mg
Azufre	90% de S

ANEXO III PUREZA COMERCIAL DE FERTILIZANTES COMUNES

Fertilizantes	Porcentaje de pureza (%)
Cloruro de calcio, Cl_2K	75
Cloruro de potasio, ClK	95
Fosfato diácido de amonio, $PO_4H_2NH_4$	98
Fosfato monocálcico, $(PO_3H_2)_2Ca$	92
Fosfato monopotásico, PO_4H_2K	98
Nitrato de amonio, NO_3NH_4	98
Nitrato de calcio, $(NO_3)_2Ca$	90
Nitrato de potasio, NO_3K	95
Sulfato de amonio, $SO_4(NH_4)_2$	94
Sulfato de potasio, SO_4K_2	90
Sulfato de calcio, SO_4Ca	70
Sulfato de magnesio, $SO_4Mg 7H_2O$	45

ANEXO IV FACTORES DE CONVERSION

A	B	Para pasar de A a B multiplicar por	Para pasar de B a A multiplicar por
Amoníaco anhidro	Nitrógeno (N)	0.82	1.219
Sulfato amónico	Idem	0.21	4.761
Nitrato amónico	Idem	0.335	2.985
Nitrato amónico cálcico	Idem	0.205	4.878
Nitrato amónico cálcico	Idem	0.26	3.816
Nitrosulfato amónico	Idem	0.26	3.816
Cianamida de cal	Idem	0.205	4.878
Nitrato cálcico	Idem	0.155	6.451
Nitrato sódico	Idem	0.16	6.250
Urea	Idem	0.46	2.173
Urea formaldehído	Idem	0.38	2.631
Fosfato monoamónico	Idem	0.11	9.090
Fosfato diamónico	Idem	0.13	7.692
Nitrato potásico	Idem	0.16	6.250
Fósforo (P)	Anhidrido fosfórico (P_2O_5)	2.29	0.440
Superfosfato de cal	Idem	0.16	6.250
Superfosfato de cal	Idem	0.18	5.555
Superfosfato triple	Idem	0.16	2.173
Metafosfato cálcico	Idem	0.04	1.562

Continúa

Continuación

A		B	Para pasar de A a B multiplicar por	Para pasar de B a A multiplicar por
Fosfato bicálcico	38%	Ídem	0.38	2.631
Fosfato monoamónico	55%	Ídem	0.55	1.818
Fosfato diamónico	48%	Ídem	0.48	2.083
Potasio (K)		Oxido de potasio (K ₂ O)	1.2	0.83
Cloruro potásico	50%	Ídem	0.5	2.000
Cloruro potásico	60%	Oxido de potasio (K ₂ O)	0.6	1.666
Sulfato potásico	50%	Ídem	0.5	2.000
Nitrato potásico	44%	Ídem	0.44	2.272
Cal viva (CaO)		Calcio (Ca)	0.71	1.4
Carbonato cálcico		Ídem	0.4	2.5
Cal apagada [Ca(OH) ₂]		Ídem	0.54	4.94
Oxido de magnesio (MgO)		Magnesio (Mg)	0.6	1.66
Sulfato de magnesio	20%	Ídem	0.2	5
Carbonato de magnesio		Ídem	0.288	3.467
Dolomita		Ídem	0.12	8.333
Sulfato amónico		Azufre (S)	0.21	4.166
Superfosfato de cal		Ídem	0.12	8.333
Yeso		Ídem	0.186	5.37
Acido sulfúrico		Ídem	0.327	3.06
Oxido férrico (Fe ₂ O ₃)		Hierro (Fe)	0.7	1.23
Sulfato de hierro		Ídem	0.37	2.72
Sulfato de hierro hidratado		Ídem	0.2	5.0
Oxido de manganeso (MnO)		Manganeso (Mn)	0.77	1.29
Sulfato de manganeso		Ídem	0.36	2.75
Sulfato de manganeso hidratado		Ídem	0.36	3.816
Oxido de cinc (ZnO)		Cinc (Zn)	0.8	1.25
Sulfato de cinc		Ídem	0.4	2.5
Sulfato de cinc hidratado		Ídem	0.22	4.4
Oxido de cobre		Cobre (Cu)	0.8	1.25
Sulfato de cobre		Ídem	0.4	2.5
Sulfato de cobre hidratado		Ídem	0.25	4
Oxido de molibdeno (MoO ₃)		Molibdeno (Mo)	0.60	1.5
Bóras		Boro (B)	0.11	9

EJEMPLO A Para saber cuánto nitrógeno total (N) poseen 15 kg de un fertilizante como el nitrato amónico cálcico de 26%, se realiza la multiplicación de aquella cantidad por el factor de conversión para pasar de A a B, es decir:

$$15 \text{ kg} \times 0.26 = 3.9 \text{ kg de N total}$$

EJEMPLO B Si se desea averiguar qué cantidad de nitrato amónico cálcico al 26% representan 11 kg de N total, se realiza la multiplicación de éste por el factor de conversión de B a A, es decir:

$$11 \text{ kg de N} \times 3.816 = 42.30 \text{ kg de nitrato amónico cálcico al 26\%}$$

ANEXO V CANTIDAD A APLICAR SEGUN EL PORCENTAJE O CONCENTRACION DEL FERTILIZANTE

Porcentaje de riqueza del fertilizante	Unidades fertilizantes a aplicar											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	200	300
1	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000	9.000	10.000	20.000	30.000
2	500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000	4.500	5.000	10.000	15.000
3	335	670	1.000	1.330	1.670	2.000	2.330	2.670	3.000	3.330	6.670	10.000
4	250	500	750	1.000	1.250	1.500	1.760	2.000	2.250	2.500	5.000	7.500
5	200	400	600	800	1.000	1.200	1.400	1.600	1.800	2.000	4.000	6.000
6	165	330	500	670	830	1.000	1.170	1.330	1.500	1.670	3.330	5.000
7	145	290	430	570	710	860	1.000	1.110	1.290	1.430	2.860	4.300
8	125	250	375	500	625	750	875	1.000	1.125	1.250	2.500	3.750
9	110	220	330	440	560	670	780	890	1.000	1.110	2.220	3.330
10	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1.000	2.000	3.000
11	90	180	270	360	450	540	630	720	810	900	1.800	2.700
12	85	170	250	330	420	500	580	670	750	830	1.700	2.500
13	75	150	230	310	390	460	540	620	690	770	1.540	2.310
14	70	140	210	280	360	430	500	570	640	710	1.420	2.130
15	65	130	200	270	340	400	470	540	600	670	1.340	2.010
16	65	130	190	260	310	360	410	500	560	625	1.250	1.880
17	60	120	180	240	290	350	410	470	530	590	1.180	1.760
18	55	110	170	220	280	330	390	440	500	560	1.110	1.670
19	55	110	160	210	260	320	370	420	470	530	1.050	1.580
20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	1.000	1.500
21	50	100	140	190	240	290	330	380	430	480	950	1.430
22	45	90	140	180	230	270	320	360	410	460	910	1.370
23	45	90	130	180	220	260	310	350	390	440	870	1.300
24	40	85	130	165	210	250	290	330	380	420	830	1.250
25	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400	800	1.200
26	40	80	120	160	200	240	270	310	350	380	770	1.160
27	35	75	110	150	185	220	260	300	335	370	740	1.110
28	35	70	105	145	180	215	250	285	325	355	715	1.070
29	35	70	105	140	175	210	240	275	310	345	690	1.035
30	35	65	100	135	165	200	235	265	300	335	665	1.000
31	30	65	100	130	160	195	225	255	290	325	645	970
32	30	65	95	125	155	190	220	250	280	315	625	940
33	30	60	90	120	150	180	210	240	275	305	605	910
34	30	60	85	120	150	175	205	235	265	295	590	880
35	30	55	85	115	145	170	200	230	265	285	575	860
36	30	55	85	110	140	165	195	220	250	280	555	835
37	25	55	80	110	135	160	190	215	245	270	540	810
38	25	55	80	105	130	160	185	210	240	265	525	790
39	25	50	75	100	130	155	180	205	230	255	510	770
40	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	500	750

EJEMPLO Si un fertilizante nitrogenado como el nitrato amónico, NO₃NH₄, de 34% de concentración se utiliza para aplicar una dosis de 90 kg de unidad fertilizante se requerirán 265 kg de NO₃NH₄.

ANEXO VII EXIGENCIAS NUTRITIVAS GENERALES DE CULTIVOS IMPORTANTES

Incluyendo un determinado rendimiento en condiciones normales y otros dos elementos secundarios, el magnesio (Mg) y el azufre (S), se construyó el siguiente cuadro de utilización de nutrientes por partes de la planta y su totalidad en kg/ha, de N, P₂O₅, K₂O, Mg y S, en cultivos de importancia.

A Extracción en hortalizas (parte y total de la planta)

Cultivo	Rendimiento en toneladas (ton)	Parte de la planta	kg de nutriente por ha (cifras promedio)				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S
Lechuga	15	TOTAL	100	35	200		
Cebolla	70	TOTAL	200	90	180	20	10
Chicharo	3	Vainas	105	30	35	10	10
		Residuo	80	10	85	15	5
		TOTAL	185	40	120	25	15
Papa	55	Tubérculo	195	80	315	15	15
		Planta	110	20	300	10	10
		TOTAL	305	100	615	55	25
Frijol	9	Vainas	80	25	85	10	
		Planta	75	15	95	10	
		TOTAL	155	40	170	20	
Camote	35	Tubérculo	85	15	190	10	
		Planta	95	35	160	15	
		TOTAL	180	80	350	35	
Tomate	67	Fruto	115	25	215	10	25
		Planta	90	30	135	25	20
		TOTAL	205	55	380	35	45

Utilizando el mismo criterio se diseñó el siguiente cuadro de utilización de nutrientes por las plantas de cultivos tropicales (con altos rendimientos) como el cacao, banano, coco, palma aceitera, piña y caña de azúcar, así como para dos cultivos industriales de relevancia: el caucho y el tabaco.

ANEXO VII

EXIGENCIAS NUTRITIVAS GENERALES DE CULTIVOS IMPORTANTES

Incluyendo un determinado rendimiento en condiciones normales y otros dos elementos secundarios, el magnesio (Mg) y el azufre (S), se construyó el siguiente cuadro de utilización de nutrientes por partes de la planta y su totalidad en kg/ha. de N, P, O, K, O, Mg y S. en cultivos de importancia.

A

Extracción en hortalizas (parte y total de la planta)

Cultivo	Rendimiento en toneladas (ton)	Parte de la planta	kg de nutriente por ha (cifras promedio)				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S
Lechuga	15	TOTAL	100	35	200		
Cebolla	70	TOTAL	200	90	180	20	40
Chícharo	3	Valvas	105	30	35	10	10
		Residuo	80	10	85	15	5
		TOTAL	185	40	120	25	15
Papa	55	Tubérculo	195	80	315	15	15
		Planta	110	20	300	40	10
		TOTAL	305	100	615	55	25
Frijol	9	Valvas	80	25	85	10	
		Planta	75	15	95	10	
		TOTAL	155	40	170	20	
Camote	35	Tubérculo	85	15	190	10	
		Planta	95	35	160	15	
		TOTAL	180	80	350	35	
Tomate	67	Fruto	115	25	245	10	25
		Planta	90	30	135	25	20
		TOTAL	205	55	380	35	45

Utilizando el mismo criterio se diseñó el siguiente cuadro de utilización de nutrientes por las plantas de cultivos tropicales (con altos rendimientos) como el caecio, banano, coco, palma aceitera, piña y caña de azúcar, así como para dos cultivos industriales de relevancia: el caucho y el tabaco.

A
Cuadro de extracción de macronutrientes

Hortalizas	kg de N	kg de K ₂ O	kg de ácido fosfórico
Chícharo	95	60	25
Cebolla	85	80	40
Coliflor	155	205	60
Lechuga	30	55	15
Nabo	205	230	90
Papas	95	60	45
Peplinos	95	130	65
Alubias (Judías):			
<i>Phaseolus vulgaris</i>	125	155	35
Bañano	65	100	30
Repollo	170	405	100
Zanahoria	135	155	55

B
Extracción de nutrientes en cultivos tropicales (parte y total de la planta)

Cultivo	Rendimiento	Parte de la planta	kg de nutriente por ha				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S
Caña de azúcar	225 ton	Parte utilizable	180	100	375	15	60
		Residuo	225	75	310	65	35
		TOTAL	405	175	685	110	95
Banano	3,000 plantas	Planta entera	150	150	1,650	175	
Ñña	42 ton	Planta entera	170	140	670	75	15
Cacao	1 ton	Pepas	20	8	12	2	
		Resto (cáscara, tallos y hojas)	450	110	810	130	
		TOTAL	470	118	822	132	
Coco	30,000 cocos	TOTAL	110	35	230	15	10
Palma aceitera	21 ton	Parte utilizable	75	30	110	20	
		Resto (hojas, tallos, etc.)	120	55	190	40	
		TOTAL	195	85	300	60	

C
Extracción de nutrientes en caucho y tabaco (parte y total de la planta)

Cultivo	Rendimiento	Parte de la planta	kg de nutriente por ha				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S
Caucho	2,200 kg/ha	Parte Industrial					
		(látex)	20	10	20	5	
		Resto (hojas, tallos, etc.)	65	30	105	15	
		TOTAL	85	40	125	30	
Tabaco	3,300 kg/ha	Hojas	95	15	175	15	12
		Resto	45	12	115	10	8
		TOTAL	130	27	290	25	20

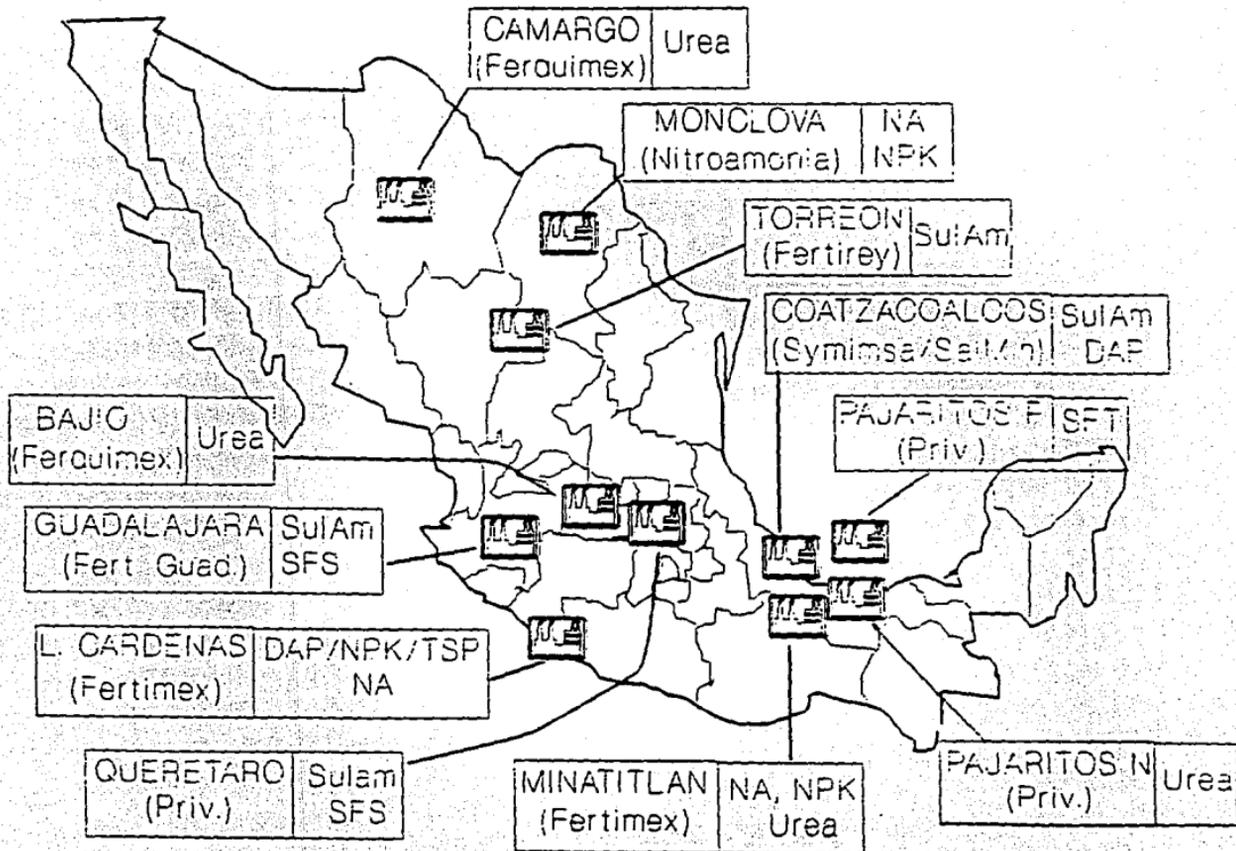
Las cifras presentadas son promedios generales de cosechas normales con rendimientos considerados de medios a altos. Estas observaciones constituyen un criterio amplio para determinar las prácticas de fertilización, las cuales se llevarán a cabo con las especificaciones de cada región, suelo, clima, rendimientos, disponibilidad de riego, etcétera.

D)
Extracción de nutrientes por partes y total de las plantas en cultivos de alto rendimiento

Cultivo	Rendimiento	Parte	kg de nutriente por ha				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S
1. Forrajes							
Alfalfa	22 ton	Pastoreado y corte	675	135	675	40	55
Pasto Chulena	25 ton	Pastoreado y corte	325	115	490	110	50
Festuca alta	8 ton	Pastoreado y corte	150	75	210	15	15
Pasto Pará	27 ton	Pastoreado y corte	315	110	515	90	45
Pasto Pangola	26 ton	Pastoreado y corte	335	120	485	75	50
Pasto Bermuda	22 ton	Pastoreado y corte	560	160	470	55	55
2. Ensilajes							
De maíz	72 ton	Excepto raíz	300	130	300	75	40
De sorgo forrajero	18 ton	Excepto raíz	220	75	320	40	20
3. Oleaginosas							
Algodón	1.6 ton	Fibra	105	40	50	12	8
		Residuo	95	30	90	30	25
		TOTAL	200	70	140	42	33
Girasol	4 ton	Peplla	110	70	45	15	8
		Residuo	60	10	100	35	10
		TOTAL	200	80	145	50	18
Cacahuete	4.5 ton	Semilla	160	25	40	5	10
		Residuo	110	20	170	20	12
		TOTAL	270	45	210	25	22
Soja	4 ton	Semilla	270	55	95	20	12
		Residuo	95	20	65	10	15
		TOTAL	365	75	150	30	27
4. Cereales							
Avena	3.5 ton	Grano	90	30	25	5	10
		Reslo	40	15	110	15	15
		TOTAL	130	45	165	20	25
Arroz	7.5 ton	Grano	85	50	30	10	5
		Reslo	40	15	135	5	10
		TOTAL	125	65	165	15	15
Cebada	5 ton	Grano	125	45	10	10	10
		Reslo	45	15	130	10	10
		TOTAL	170	60	170	20	20
Maíz	12 ton	Grano	170	100	65	20	15
		Reslo	130	30	235	55	20
		TOTAL	300	130	300	75	35

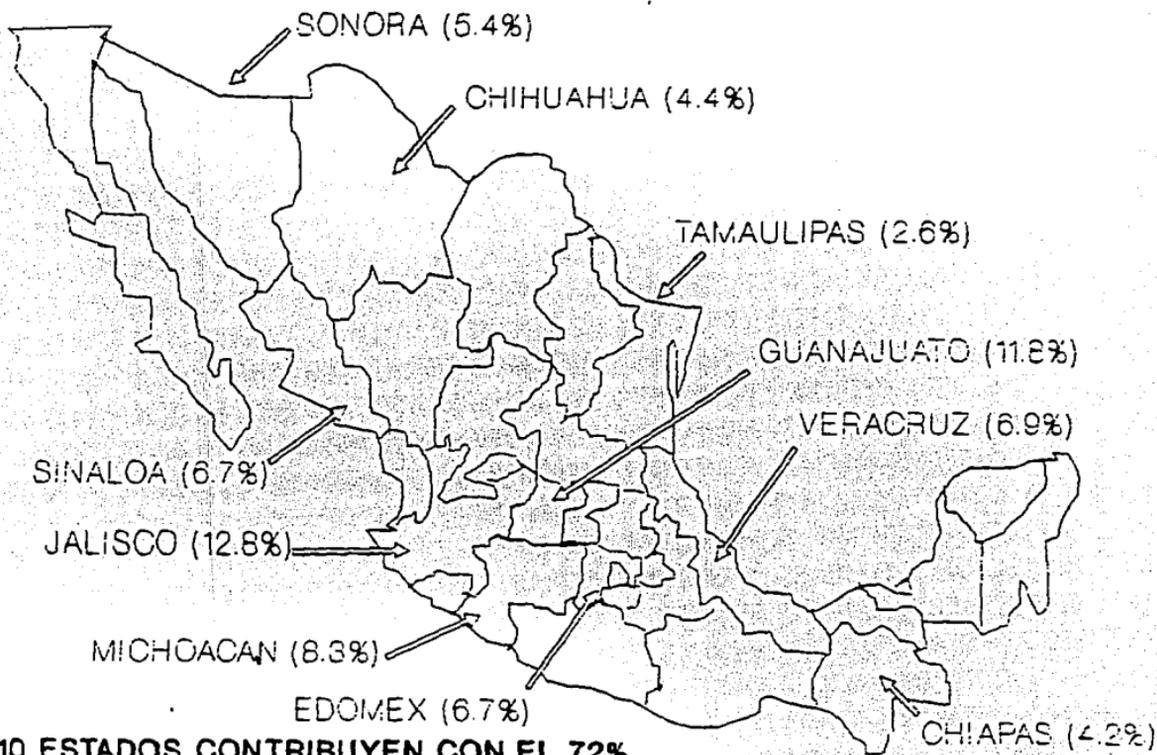
Continúa

PLANTAS DE FERTILIZANTES EN MEXICO



MAPA 3

MEXICO: PRINCIPALES ESTADOS. CONSUMIDORES DE FERTILIZANTES



**10 ESTADOS CONTRIBUYEN CON EL 72%
DEL CONSUMO NACIONAL DE FERTILIZANTES
(3.85 millones de t en 1991)**

PRINCIPALES PRODUCTOS FERTILIZANTES UTILIZADOS Y RECOMENDABLES PARA MEXICO

FERTILIZANTES UTILIZADOS

FERTILIZANTES SOLIDOS:

- Urea (46-0-0)
- Nitrato de Amonio (33.5-0-0)
- Sulfato de Amonio (20.5-0-0)
- Superfosfato Triple (0-46-0)
- Superfosfato Simple (0-20-0)
- Fosfato Diamónico (18-46-0)
- Cloruro de Potasio (0-0-60)
- Sulfato de Potasio (0-0-50)
- Nitrato de Potasio (13-0-45)
- Complejos NPK (-)
- Mezclas Físicas NPK (-)

FERTILIZANTES FLUIDOS:

- Amoniaco Anhidro (82-0-0)
- Aquamonia al 25% (20.5-0-0)

(-)**Contenido Variable**

FERTILIZANTES RECOMENDABLES

FERTILIZANTES SOLIDOS:

- Dinitro Sulfato de Amonio (26-0-0)
- Nitrato de Amonio y Calcio (26-0-0)
- Nitrofosfatos de Amonio (23-23-0)
- Fosfato Monoamónico (11-55-0)
- Mezclas con Macronutrientes, Nutrientes Secundarios y Micronutrientes, elaborados mediante Bulk Blending o Compactación.

FERTILIZANTES FLUIDOS:

- Soluciones de Urea - Nitrato de Amonio (32-0-0)
- Suspensiones NPK (-)

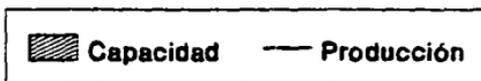
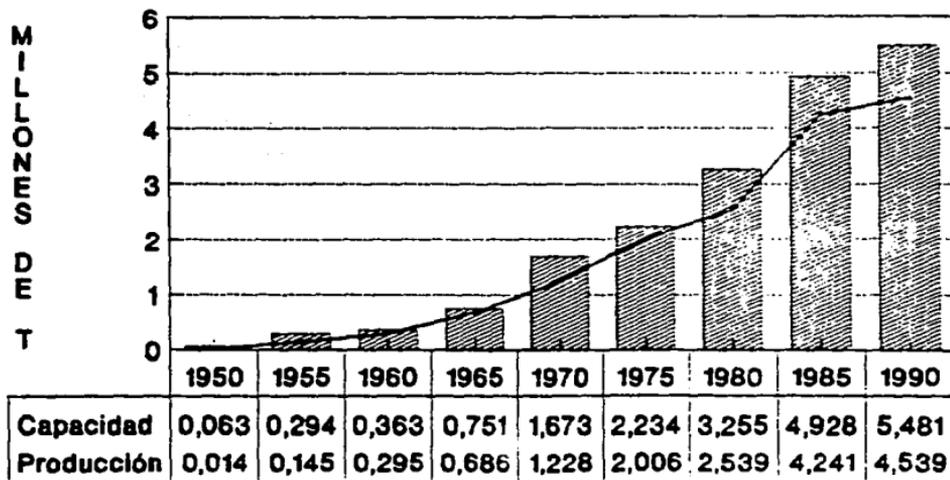
Entre paréntesis el contenido en % de N, P2O5 y K2O.

CUADRO 3

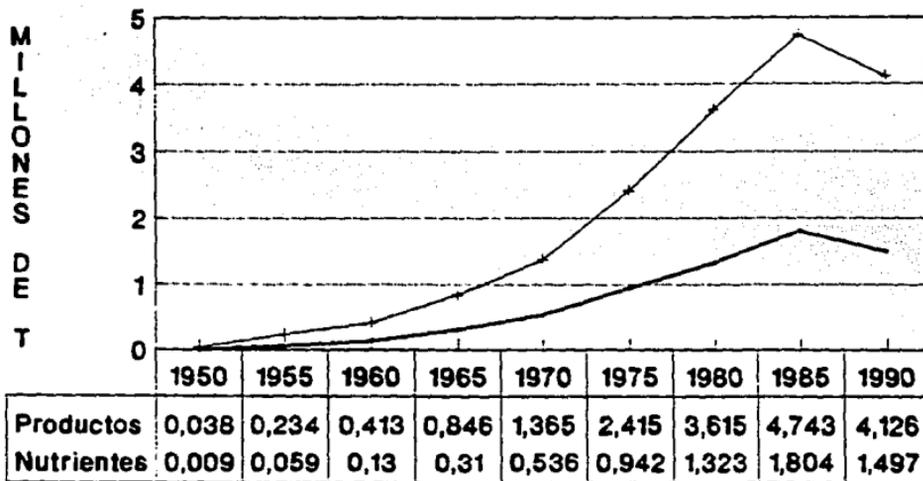
**AREA CULTIVADA EN MEXICO
1950 - 1990**

Años	Superficie Cultivada (Hectáreas)	<u>Superficie fertilizada</u>	
		Hectáreas	% de la Cultivada
1950	10'863,154	504,317	4.64
1960	13'782,666	1'782,498	12.93
1970	14'975,000	5'529,620	36.92
1976	17'389,000	8'215,105	47.45
1980	18'929,000	10'479,035	55.36
1985	23'335,000	14'192,000	60.82
1990	18'700,000	13'090,000	70.00

CUADRO 4
CAPACIDAD Y PRODUCCION DE
FERTILIZANTES EN MEXICO



CUADRO 5
CONSUMO DE FERTILIZANTES
EN MEXICO



Productos **Nutrientes**

CUÁDRO 7

PRODUCCION DE FERTILIZANTES EN MEXICO
1 9 9 1

(miles de toneladas métricas)

<u>FERTILIZANTES TERMINADOS</u>	<u>PRODUCCION</u>
Urea	1,512
Sulfato de Amonio	1,218
Nitrato de Amonio	345
Superfosfato Simple	164
Superfosfato Triple	266
D. A. P.	597
N.P.K.'s	175
TOTAL FERTILIZANTES	4,277
<u>MATERIAS PRIMAS E INTERMEDIOS</u>	
Amoniaco Anhidro	2,702
Roca Fosfórica	650
Acido Sulfúrico	2,174
Acido Fosfórico	545
TOTAL MATERIAS PRIMAS E INTERMEDIOS	6,071

CUADRO 8

MEXICO: CAPACIDAD DE PRODUCCION DE FERTILIZANTES

('000 t/a)

UBICACION	PROPIETARIO	UREA	Nit. Am.	Sulf. Am.	DAP/ NPK	SFT	SFS	TOTAL
L. Cardenas	Fertimex		270		825	270		1365
Pajaritos-N	Privado	990						990
Pajaritos-F	Privado					273		273
Bajo	Ferquimex	330						330
Queretaro	Privado			594			500	894
Guadalajara	Fert. Guadalajara			279				279
Minatitlan	Fertimex	248	100		83			431
Coatzacoalcos	SYMIMSA			200	83			283
Coatzacoalcos	Sales Minerales			100				100
Torreon	Fertirey			200				200
Monclova	Nitroamonía, S.A.		63		36			100
Camargo	Ferquimex	75						75
Salamanca	Univex			330				330
TOTAL		1643	438	1703	1029	540	300	5653

CUADRO 9

VENTA DE FERTILIZANTES EN MEXICO
1 9 9 1

(miles de toneladas métricas)

<u>FERTILIZANTES TERMINADOS</u>	<u>VENTAS</u>
Urea	1,047
Sulfato de Amonio	1,212
Nitrato de Amonio	310
Superfosfato Simple	214
Superfosfato Triple	294
D. A. P.	374
Potásicos	95p
N.P.K.'s	197
TOTAL FERTILIZANTES	3,743p
<u>MATERIAS PRIMAS E INTERMEDIOS</u>	
Amoniaco Anhidro	2,088
Roca Fosfórica	2,446
Acido Sulfúrico	2,174
Acido Fosfórico	545
TOTAL MAT. PRIM. E INTERMEDIOS	7,253

CUADRO 10**VENTAS: PARTICIPACION PORCENTUAL
DE LOS PRINCIPALES ESTADOS, DEL TOTAL NACIONAL
1 9 9 1**

<u>ESTADO</u>	<u>PARTICIPACION (%)</u>
Jalisco	12.77
Guanajuato	11.84
Michoacán	8.30
Veracruz	6.93
Estado de México	6.68
Sinaloa	6.66
Sonora	5.44
Puebla	4.99
Chihuahua	4.43
Chiapas	4.21
TOTAL (10 ESTADOS)	72.25

CUADRO 11

**MEXICO: EXPORTACIONES/IMPORTACIONES DE
FERTILIZANTES Y MATERIAS PRIMAS (1991)**

('000 T)

PRODUCTO	EXPORTACIONES	IMPORTACIONES
Urea	477	
DAP	289	
Nitrato de Amonio	16	
Superfosfato Simple	25	
Superfosfato Triple	270	
Clor/Nit/Sulf. Pot.		95p
Amoniaco Anhidro	53	
Roca Fosfórica		1,796
Azufre	1,366	
TOTAL	2,496	1,891p

BIBLIOGRAFIA

- AHN, P. M. (1993) TROPICAL SOILS AND FERTILIZER USE.
Intermediate Tropical Agriculture Series.
- ANDRE, L. (1988) LOS MICROELEMENTOS EN LA AGRICULTURA.
Ed. Mundi-Prensa Madrid, España.
- COOKE, G.W. (1975) FERTILIZING FOR MAXIMUM YIELD.
Ed. Crosby Lockwood Staples. London.
- CABALLERO, R. M. JIMENEZ, M. R. (1990) EL CULTIVO INDUSTRIAL DE
PLANTAS EN MACETA.
Ediciones de Horticultura. Barcelona, España.
- DOMINGUEZ, V.A. (1978) ABONOS MINERALES.
Ministerio de Agricultura. Madrid, España.
- RODRIGUEZ, J.E. (1968) FERTILIZANTES NUTRICION VEGETAL.
AGT Editor, S.A. México.
- RUSSEL, J. E. (1968) CONDICIONES DEL SUELO Y CRECIMIENTO DE LAS
PLANTAS.
De. Aguilar. Madrid, España.
- TISDALE, S. L. WERNER, N. L. (1975) SOIL FERTILITY AND FERTILIZERS.
Macmillan Publishing Co. U.S.A.

- THOMPSON, L. M. TROEH, F. R. (1973) SOIL AND SOIL FERTILITY.
Oxford University Press.
- AGRONOMY HAND BOOK. SOIL AND PLANT ANALYSIS.
A & L. Agricultural Labs.
- MANUAL DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS.
Foundation for Agronomic Research (F. A. R.)
Potash and Phosphate Institute (P. P. Y.)
- WESTERN FERTILIZER HAND BOOK.
Printers and Publishers Inc.
- INTERNACIONAL FERTILIZER ASSOCIATION.
World Fertilizer Use Manual.
- YUTERA, P. E. CARRASCO, D.J. (1981)
Quimica Agrícola. Alhambra, España.