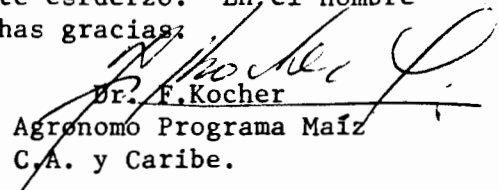


**El Diagnóstico Para Obtener Rendimientos  
Máximos Económicos**

## D I A G N O S T I C O

Esta traducción al Castellano de "The Diagnostic Approach", es un primer intento de ello, debido a la urgencia con que este material era requerido para ser utilizado en los Talleres de Trabajo, de los colegas del Area Centro America y Caribe que se encuentran trabajando intensamente en investigación agronómica en fincas de agricultores.

La colaboración que el Dr. David.W.Dibb y oficiales del Instituto de la Potasa y el Fósforo están prestando para que este valioso material sea conocido en castellano, han hecho posible este esfuerzo. En el nombre los colegas de habla castellana del area muchas gracias.

  
Dr. F. Kocher  
Agrónomo Programa Maíz  
C.A. y Caribe.

El Batán, Marzo de 1983

## A N A L I S I S D E L O S S U E L O S

A L G U I E N D I J O, "El análisis del suelo se está volviendo controversial." En realidad, esto no constituye nada nuevo. Hace algo más de 40 años, cuando yo era Director de la División de Análisis de Suelo de North Carolina. Esta se encontraba en el Departamento de Agricultura Estatal. Los administradores de máxima rango en la Escuela de Agricultura de North Carolina de esa época, lo consideraban un truco de valor no probado, y no querían participar de él. A los Agentes de Extensión se les instruyó para que no tuvieran nada que ver con esta papa caliente.

¡Hemos avanzado mucho! Sí, existen quienes abusan del análisis del suelo. Sí, todos nosotros necesitamos investigar mejores correlaciones que involucren a los rendimientos continuos altos. Sí, todavía debemos de ser cautelosos al solo confiar en los análisis del suelo, para llegar a recomendaciones, especialmente para el caso del azufre y los elementos menores. I bien, es cierto que existen muchos problemas en los muestreos - época del año, número de perforaciones, método de muestrear para pasturas, árboles, campos con labranza de conservación y fertilizante puesto en bandas.

También, es necesario obtener más soporte para investigar. La educación debería de aumentarse en puntos como: significado de los valores - los números en sí mismos - los cuales son muy a menudo mal entendidos.

Pero siempre que reconozcamos que el análisis del suelo no es milagroso, ES UNA HERRAMIENTA DE DIAGNOSTICO EXCELENTE, una forma muy util para chequear el estado nutricional del suelo. Es muy valiosa cuando se utiliza JUNTO CON OTRAS HERRAMIENTAS DEL DIAGNOSTICO POR AQUELLOS DE EXPERIENCIA Y CONOCIMIENTO.

Trabajemos juntos en el desarrollo de todo el potencial de este gran programa.

- Dr. J. Fielding Reed

## INTRODUCCION

LA AGRICULTURA MODERNA debe utilizar todas las prácticas y herramientas disponibles, para producir en forma eficiente y económica. Una ayuda importante lo constituye el "DIAGNOSTICO".

Esta edición de Better Crops, trata en su totalidad de este tópico. El estilo de la presentación, es tal, que puede constituir una buena ayuda educativa.

El uso del análisis del suelo y de las plantas, y la comprensión de los síntomas visuales, son prácticas que son importantes, tanto para los investigadores, como para los legos.

Se espera que esta publicación será de utilidad, tanto para los profesores de enseñanza secundaria, como a los de cursos introductorios en la Universidad, para los agentes de extensión, miembros de las industrias de fertilizantes, agroquímicos y de semillas, los conservacionistas del suelo y para los consultores. Los agricultores podrían encontrarlo útil para comprender mejor el "DIAGNOSTICO".

## CONTENIDO

Sección 1.	El Diagnóstico -----	1
	Sea un Diagnosticador de Cultivos, Competente.-----	3
Sección 2.	Los Síntomas Visuales Pueden Ser Indicadores de Desordenes en las Plantas -----	6
	Factores que Afectan los Síntomas-----	9
	Los Síntomas Identifican Deficiencias-----	11
	Distinguiendo Síntomas Visuales de Otros Síntoma-----	15
Sección 3.	Análisis de Suelos, Interpretando los Análisis de Suelos-----	17
	Interpretando los Análisis del Suelo-----	23
	Haciendo Recomendaciones Basadas en Análisis del Suelo-----	25
Sección 4.	El Uso del Análisis de Planta y Pruebas de Tejido-----	29
	Factores que Afectan la Concentración de Nutrientes en las Planta-----	32
	Toma de Muestras y Análisis-----	35
	Análisis de Planta y Pruebas de Tejido-----	40

# EL DIAGNOSTICO

En LA AGRICULTURA MODERNA DE ALTOS RENDIMIENTOS, se ponen en juego el método científico y toda la información disponible. Esto incluye:

1. Prácticas de labranza más adecuadas para la zona.
2. Conservación de la humedad y su uso eficiente.
3. Medio ambiente químico adecuado, mediante el uso del encalado o la reducción de la salinidad y alcalinidad.
4. Cantidad y tipo de fertilizantes adecuados.
5. Variedad - la más adecuada a las condiciones.
6. Distribución espacial adecuada.
7. Alertas para las pestes.
8. Herbicidas - para controlar las malezas.
9. Pesticidas - para controlar insectos y enfermedades.
10. Métodos correctos y época adecuada para la siembra y cosecha.
11. Oportunidad en la ejecución de todas las operaciones.
12. Registros cuidadosos y evaluación económica.

El "Diagnostico", también incluye - el uso de todo el conocimiento y herramientas, para estudiar las condiciones en el campo, y aprender como hacer producir mejor al suelo.

"El Diagnóstico", requiere de experiencia y conocimientos. Existen numerosas formas de equivocarse. Para hacer un buen trabajo, el diagnóstico debe de comenzar con observaciones realizadas en el campo, lo que requerirá de más de un viaje a éste.

El diagnosticador deberá de tener las siguientes herramientas:

- una pala - para examinar las raíces y el medio.
- un cuchillo - para examinar tejidos internos.
- un barreno para suelos - para buscar compactaciones y examinar el perfil.
- una lente - para observar enfermedades e insectos.
- una libreta - para escribir el historial y síntomas.
- una mente abierta - para evitar prejuicios y sesgos.

El DIAGNOSTICADOR también deberá tener conocimientos en:

- SINTOMAS VISUALES
- ANALISIS DE SUELOS
- ANALISIS DE PLANTAS

Estos tres tipos de conocimientos, mencionados arriba, están siendo usados cada vez más, como ayudas en el diagnóstico. Ellos son extremadamente útiles, sin embargo no dejan de tener sus limitaciones.

El propósito del artículo siguiente, es poner al estudiante y a las personas involucradas en producción, al corriente de estos conocimientos que son tan valiosos para el diagnóstico:

1. SINTOMAS VISUALES COMO INDICADORES DE DESORDENES EN LAS PLANTAS.
2. ANALISIS DE SUELOS PARA LA AGRICULTURA DE ALTOS RENDIMIENTOS.
3. EL USO DEL ANALISIS DE PLANTA Y TEJIDOS EN LA IDENTIFICACION DE DESORDENES NUTRICIONALES.

Los agricultores buenos, reconocen cada vez más, la necesidad de obtener rendimientos con utilidades económicas máximas. Para alcanzar estos rendimientos y utilidades, se requiere de el uso de cada una de las prácticas, que le ayudarán a obtenerlos. De ahí que, la importancia del enfoque del diagnóstico se encuentra en crecimiento constante.

## **Sección 1: El Diagnóstico**

# Sección 1: El Diagnóstico

## Sea Un Diagnosticador De Cultivos, Completo

PARA SER UN DIAGNOSTICADOR COMPETENTE, Ud debe de observar más allá de los problemas de fertilidad, más allá del análisis de suelo para fosforo (P) y potasio (K) y otros nutrientes. Conozca el medio ambiente en que crece su planta.

Este conocimiento, le podrá ayudar a detectar problemas, que están induciendo o aumentando, deficiencias nutricionales aparentes. Estudie todos aquellos factores que influyen en el crecimiento del cultivo, su respuesta a la fertilización y su rendimiento.

1. ZONA RADICULAR - El suelo debe de estar suficientemente granulado, y permeable, para que las raíces se extiendan y se alimenten en forma adecuada. Un cultivo puede llegar a desarrollar un sistema radicular de más de dos metros de profundidad, en algunos tipos de suelos, para absorber agua y nutrientes. Los suelos delgados o compactos no ofrecen esta zona de alimentación. Los suelos húmedos o mal drenados, dan como resultado, sistemas radiculares superficiales. Un buen drenaje, constituye un elemento clave, en los primeros estadios de crecimiento del cultivo.

2. TEMPERATURA - Los suelos fríos reducen la velocidad de descomposición de la materia orgánica. Este fenómeno, retrasa la entrega de nitrógeno y otros nutrientes, aumentando la deficiencia temporal. Los nutrientes, están menos disponibles en los suelos fríos, la difusión, tanto del fósforo como la del potasio, es menor en los suelos fríos, en ellos la actividad radicular disminuye.

3. pH DEL SUELO - Los suelos ácidos, reducen la disponibilidad del calcio, magnesio, azufre y molibdeno y también la del fósforo y el potasio. Los suelos ácidos aumentan la disponibilidad del aluminio, fierro, manganeso, cobre y cinc. La disponibilidad del nitrógeno entre los pHs de 6.0 a 7.0 es la más adecuada.

4. INSECTOS - No confunda el daño producido por los insectos, como un sintoma de deficiencia. Examine las raíces, hojas y tallos por síntomas de daño causado por los insectos, que pudieran dar síntomas semejantes a deficiencias nutricionales.

5. ENFERMEDADES - Un estudio cuidadoso, mostrará las diferencias, entre una enfermedad y una deficiencia nutricional. La enfermedad, en muchas ocasiones, puede ser detectada mediante el uso de una lente.

6. CONDICION DE LA HUMEDAD - Los suelos secos pueden crear deficiencias. Un buen ejemplo, lo constituyen el boro, cobre, y el potasio. Es debido a ello, que los cultivos responden tan bien a estos nutrientes, en los períodos secos. La sequía, retarda el movimiento de los nutrientes hacia las raíces.



7. PROBLEMAS DE SALINIDAD DEL SUELO - Las sales solubles, constituyen problema en algunas areas de precipitación baja. Estas condiciones pueden aparecer en sectores de los campos - por lo general donde el agua freática está más alta, o cuando se ha utilizado agua de riego de mala calidad.

8. IDENTIFICACION DE LAS MALEZAS - Los controles de malezas con herbicidas y mecánicos, son hoy en día, mucho más importantes que nunca. Las malezas, sustraen a los cultivos agronómicos: agua, luz y nutrientes. Algunas malezas incluso entregan al medio ambiente, sustancias que inhiben el crecimiento del cultivo (alelopatía). Aprenda a identificar las malezas y a conocer los materiales usados en su control.

9. DAÑO DE HERBICIDAS - Bajo condiciones determinadas, las plantas pueden sufrir por la residualidad de los herbicidas, o de los aplicados el mismo año. Aprenda a conocer sus síntomas.

10. PRACTICAS DE LABRANZA - Algunos suelos desarrollan capas duras, lo que requiere de una labranza profunda. Esta acción, demanda de un mayor uso de fosforo y potasio, para elevar la fertilidad. En la labranza de conservación, una gran parte del fertilizante, es puesto al voleo y queda cercano a la superficie. En este caso, se podría necesitar de más fósforo y potasio, para elevar la fertilidad, a veces la colocación del fertilizante en bandas cerca de la semilla, podría ser beneficiosa. También en algunos casos, es deseable conocer la fertilidad del subsuelo.

11. HIBRIDO o VARIEDAD - El potencial de rendimiento y la adaptabilidad a un medio ambiente dado, afectan el comportamiento del cultivo.

12. DISTRIBUCION ESPACIAL - El ancho de los entre surcos, una distribución uniforme en el surco, y el número de plantas por hectarea, son factores importantes en el rendimiento.

13. MANEJO DEL AGUA - Un buen drenaje superficial, o por drenes, es clave. Cuando se utiliza riego, su oportunidad y cantidad de agua, son de primera importancia, en un buen crecimiento del cultivo. Documentese de cual ha sido el programa de riego.

14. FECHA DE SIEMBRA - Esta va a afectar tanto la apariencia como el crecimiento óptimo del cultivo. Obtenga la información.

15. COLOCACION DEL FERTILIZANTE - Bajo muchas condiciones, una pequeña cantidad de fertilizante, cercana a las raices, es importante para un comienzo rápido del crecimiento. El fertilizante puede haber sido colocado al voleo o muy profundo. La colocación en bandas superficiales profundas, puede ser efectiva para ciertos suelos y condiciones del medio ambiente

## IMPORTANCIA DE LAS PRACTICAS CULTURALES

El conocimiento de lo que ha sido hecho en el campo, antes de que Ud vaya a él, constituye una de las técnicas del diagnóstico más importantes a desarrollar.

¡ OBTENGA LOS HECHOS ! Historia de los cultivos. Fechas de siembra. Cantidades de semilla. Variedades. Profundidad y método de siembra. Prácticas anteriores de fertilización y encalado. Condiciones de clima del pasado, siempre que esto sea posible.

RECUERDE: Mientras más conozca acerca del campo, antes de que Ud lo visite, mejor será el diagnóstico que se podrá hacer de sus problemas.

RECUERDE LOS HECHOS EN FORMA SISTEMÁTICA. ¡ Anótelos ! Una lista de ellos le evitará olvidarse de la información clave.

## **Sección 2: Síntomas Visuales**

# **Sección 2- Los Síntomas Visuales Pueden Ser Indicadores De Desórdenes En Las Plantas**

POR GENERACIONES, la apariencia de las plantas ha sido usada por los investigadores, por los legos, por los jardineros y por los agricultores, como ayuda para conocer la salud de las plantas.

La planta habla a través de señales de auxilio. El mensaje nos puede indicar, que se trata simplemente de una falta de agua, o que hay exceso de ella, y por lo tanto, falta aire, o las señales nos pueden hablar de una enfermedad causada por organismos tales como, virus o bacterias.

La planta puede estar quejandose, porque está siendo atacada por nemátodos, insectos o roedores, tanto bajo como sobre la superficie del suelo. O puede haber daño por heladas, rayos, pesticidas o equipo mecánico.

Si se presenta exceso de algún químico, que pudiera ser tóxico a la planta, esta condición es señalada por la apariencia de ésta. Finalmente, si uno o más de los elementos esenciales no se encuentran presentes en la cantidad adecuada, la planta hará lo mejor que pueda para comunicarse.

En esta forma hemos aprendido a usar los síntomas visibles como indicadores de las deficiencias de nutrientes. Al mismo tiempo, debemos de comprender que los síntomas visuales nos cuentan, muchas más historias que las debidas sólo a deficiencias minerales. No siempre es facil saber exactamente, que es lo que la planta está tratando de comunicar.

El proposito de esta sección, es ayudar a encontrar que está limitando la producción de la planta, y especialmente aprender a distinguir un síntoma de otro.

Esto conlleva, una gran paciencia, estudio, y más que nada, experiencia. Requiere conocer, como es una planta sana. Significa, utilizar las otras herramientas del diagnóstico, para ayudar a identificar o confirmar los síntomas visuales. Esto lo traeremos a colación en las secciones siguientes, sobre análisis del suelo y análisis de la planta.

El agricultor moderno o el científico utilizará el análisis de suelo o de planta o ambos, como ayuda en la identificación del síntoma. Esto es especialmente necesario cuando se está comenzando a estudiar síntomas visuales.

Luego, a medida que se aprenden los síntomas, se debe de estar consciente del peligro de equivocarse, al sólo basarse en los conocimientos propios, se debe de estar alerta, por posibles errores. Esto involucra ir más allá del campo exclusivo de la agronomía y la

nutrición vegetal, incluyéndose áreas de enfermedades, daño de insectos y factores climáticos y del medio ambiente.

Un buen diagnosticador, debe de tener un conocimiento amplio, además de ser meticuroso en sus deducciones, una vez que todo esto haya sido hecho, tenemos en nuestras manos una ayuda muy eficaz para la producción de un cultivo en forma económica.

Debemos de mantener en nuestra mente, otro punto muy importante. Muy a menudo una planta estará al borde de una deficiencia, en un nutriente, y sin embargo, no mostrará síntomas. Esta condición es frecuentemente llamada "hambre escondida". En este caso, no se presentan síntomas visibles, pero la planta no estará produciendo a plena capacidad.

Este es uno de los peligros de confiarse sólo en los síntomas. Una vez que la planta alcanza el nivel donde los síntomas aparecen, el rendimiento puede estar ya muy afectado. Existen muchas áreas del mundo que están siendo trabajadas en la zona de "hambre escondida".

En esta sección, se describirán los síntomas generales de varios factores que limitan a la producción.

## LOS NUTRIENTES DE LA PLANTA

Los investigadores han determinado que los elementos necesarios para el crecimiento de la planta son 16. Algunos de ellos provienen del aire, otros del agua y otros del suelo o fertilizantes y cal.

Ellos son requeridos en cantidades diferentes, desde millones de kilos de agua, a sólo trazas de algunos elementos. Encontramos una guía general en la Tabla 1.

## BALANCE NUTRICIONAL

Aún más importante, es la interrelación de un elemento con otro (s). Una gran cantidad de fósforo en el suelo o en la planta, puede dar como resultado una deficiencia de Zn. Una gran cantidad de potasio, puede dar como resultado una deficiencia de Mg.

Además, se produce la necesidad de una mayor cantidad de un elemento, a medida que se agrega más de otro. Cuando agregamos más nitrógeno, creamos la necesidad de una mayor cantidad de potasio, debido a que si los rendimientos son mayores, las necesidades de la planta aumentan. Es posible que un agricultor, no vea la deficiencia de potasio en un campo, en el cual se ha adicionado una cantidad pequeña de nitrógeno, pero en una zona cercana, en la que haya aplicado más nitrógeno, es posible que el observe deficiencias de potasio.

Toda esta ciencia, de las interrelaciones, efecto de un elemento en otro, es compleja, se menciona en este punto, de modo que el agricultor

esté consciente de los posibles tropiezos a que debe atenderse, si sólo usa síntomas visuales.

Tabla 1. Elementos esenciales para el crecimiento de las plantas.

Elemento o material	Símbolo químico	kg/ha
Suministro por el aire y agua:		
Hidrógeno (como agua)	H <sub>2</sub> O	2 a 6 mill.
Oxígeno	O <sub>2</sub>	5000 - 8000
Carbón (como dióxido de C)	CO <sub>2</sub>	15000 - 25000
Elementos primarios o mayores, suplidos por el suelo y fertilizantes:		
Nitrógeno	N	60 - 300
Fósforo	P	10 - 200
Potasio	K	20 - 400
Elementos secundarios, suplidos por el suelo, fertilizantes, cal:		
Calcio	Ca	20 - 400
Magnesio	Mg	20 - 400
Azufre	S	10 - 200
Elemento o material	Símbolo químico	Kg/ha
Micronutrientes, requeridos en cantidades pequeñas:		
Fierro	Fe	1 - 400
Manganeso	Mn	0.5 - 5
Boro	B	trazas*
Cloro	Cl	trazas*
Zinc	Zn	trazas*
Cobre	Cu	trazas*
Molibdeno	Mo	trazas*

\* Por lo general medidas en partes por millón, ppm.

Estas cantidades de nutrientes presentadas, son aproximaciones, y dependen del cultivo que se trate y su rendimiento.

Esto no nos sugiere, que no debamos de aprender a usar los síntomas visuales. Sino, que se trata de alertar al usuario de que los síntomas, simplemente nos están comunicando, cual es el factor limitante en ese momento. Una vez que este factor limitante, es corregido, es posible que surja otro, de modo que, debemos de estar concientes de estas interrelaciones.

# Sección 2: Síntomas Visuales

## Factores Que Afectan Los Síntomas

11

¿ PORQUE SE PRESENTAN SINTOMAS en una planta deficiente? Debido a que no existe en la planta una cantidad suficiente de este nutriente, presente en una forma que ella pueda absorberlo y utilizarlo. Muy a menudo, esto se debe simplemente, a que el suelo es infertil, y no se le ha agregado la cantidad adecuada del nutriente. Pero debemos de reconocer que existen numerosos otros factores que afectan la absorción, y que por lo tanto, favorecen la aparición de síntomas.

### ZONAS RADICULARES

Los cultivos difieren enormemente en la extensión de sus sistemas radiculares. Aún, un mismo cultivo, variará en la cantidad de sus raíces, dependiendo del medio ambiente en el que crezcan. Debido al hecho de que algunos nutrientes no se mueven mucho en el suelo, la extensión del sistema radicular, determinará el que la planta obtenga el nutriente en cantidades suficientes. Sin duda, que si las condiciones son tales que las raíces tiendan a crecer en forma superficial, una planta puede mostrar síntomas de deficiencia, aún cuando el suelo en realidad contenga un buen suministro de nutrientes.

Cuando se note un síntoma de deficiencia, se debería siempre examinar la zona radicular, para ver si una limitación, está contribuyendo a la deficiencia.

### TEMPERATURA

Muchos agricultores han visto la aparición de síntomas visuales, cuando las plantas están jóvenes, para luego ver que estas plantas, al crecer, los pierden a medida que la estación de crecimiento avanza. Muy a menudo, esto es causado por una combinación de temperatura y crecimiento radicular. Si tanto el suelo, como la atmósfera están fríos, la planta no crece, los sistemas radiculares son pequeños, y la absorción de nutrientes es baja.

También, cuando las temperaturas del aire son muy bajas, o muy altas, las velocidades de respiración y fotosíntesis se afectan. Por ejemplo, si las temperaturas son muy altas en la noche, la respiración continúa a alta velocidad, quemándose azúcares; la fotosíntesis durante la noche cesa. De ahí que, la temperatura, podría crear síntomas visuales.

### ACIDEZ Y ALCALINIDAD

Cuando se nota un síntoma visual, se debería observar en forma especial el grado de acidez o alcalinidad del suelo, en el que está creciendo la planta. Muy a menudo, ésta se encuentra estrechamente relacionada con la causa del síntoma.

La solubilidad y la disponibilidad de muchos nutrientes, dependen del pH del suelo. Cuando el pH del suelo, sube de 6.0 -6.5, los elementos Fe, Mn, Zn, y B bajan su solubilidad, muy a menudo a puntos en el que la planta es deficiente y muestra síntomas. En contraste, cuando el pH del suelo se encuentra en el lado ácido, pH bajo 6.0, el Mo se hace menos soluble y una deficiencia de este elemento es posible.

Debido a la influencia del pH, en la disponibilidad de los nutrientes, es esencial aprender la historia del encalado de los campos, aún de áreas pequeñas en las que se presentan síntomas. Es fácil sobre encalar, en suelos arenosos ácidos. Cuando se sobre encala estos suelo, frecuentemente aparecen síntomas de deficiencia de Fe, Mn, o Zn.

En algunos lugares del mundo, los suelos, no son ácidos, sino que son naturalmente alcalinos. Este es el caso de los suelos de regiones áridas, en las que las sales alcalinas se ha acumulado, o en áreas de mayor pluviosidad, en las que el suelo tienen grandes cantidades de carbonatos, y el pH, se encuentra sobre 7.0. En estos suelos, es común ver síntomas de deficiencia de Fe, Mn, o Zn.

#### VARIEDAD - FACTORES GENETICOS

Algunas veces, un síntoma de deficiencia, puede ser notado en una variedad, pero no en otra. Esto no está fuera de lo común, pero sin embargo, muy a menudo no se le toma en cuenta. Las diferencias en la composición genética, pueden afectar la habilidad de absorber y utilizar nutrientes. Una variedad, puede mostrar síntomas de deficiencia de Mg, mientras que otra variedad, creciendo a su lado, no muestra síntomas.

#### ESTADO DE MADUREZ

A medida que una planta se acerca a su estado de madurez, muestra síntomas de "vejez". Este puede ser un enrojecimiento o pardeamiento de las puntas y bordes o quemado. Muchas veces, se vé como un síntoma de deficiencia, y el agricultor puede confundirlo por uno.

De hecho, existe una relación, ya que a medida que la planta envejece, su nitrógeno o potasio, puede terminarse, y debido a ello "madura" antes de que haya alcanzado la expresión de máximo potencial de rendimiento. En algunos cultivos, existe un balance bastante delicado, entre la cantidad de nitrógeno requerido para la obtención de un rendimiento completo, y la cantidad que puede ser o muy alta o muy baja. Los síntomas visuales nos ayudan a reconocer la cantidad adecuada.



## Sección 2: Síntomas Visuales

### Los Síntomas Identifican Deficiencias

UN SINTOMA por lo general, se presentará en un área, y puede relacionarse a propiedades de esta, como: puntos húmedos, condiciones arenosas, áreas infértiles, o áreas tratadas en forma diferente en el pasado. Si se encuentra el síntoma, en solo una planta, considere: enfermedad, daño o una variación genética. También, los primeros síntomas, son a menudo más útiles que los síntomas que se presentan cercanos a la madurez.

Es muy útil mantener en mente, el hecho de que algunos nutrientes en la planta, son relativamente "inmóviles", mientras que otros son más "móviles".

En general, los síntomas causados por deficiencias de un nutriente "inmóvil", ocurrirá en las hojas superiores, o más jóvenes. Las hojas más viejas, permanecerán verdes y libres de síntomas, debido a que estos nutrientes "inmóviles", no se mueven o translocan desde ellos.

En forma típica, los nutrientes "inmóviles" son: Ca, Fe, Zn, Cu, B, Mn, y Mo.

En contraste, cuando se presenta una deficiencia de un nutriente "móvil", los síntomas por lo general, se encuentran en las hojas inferiores y más viejas de la planta. Esto se debe a que los nutrientes "móviles" salen de las hojas viejas hacia las partes más jóvenes de la planta.

Típicamente los nutrientes "móviles" son: N, K, P, Mg, y S.

Sin embargo, debería enfatizarse, que este patrón, no siempre sigue la regla. La planta es un material complejo y los síntomas pueden aparecer tanto en las hojas superiores como inferiores. También, la disponibilidad de humedad puede participar en el desarrollo del cuadro sintomático.

Es necesario considerar también los excesos de ciertos elementos, ya que estos producen síntomas específicos. Los más comunes son:

B - clorosis que termina en una necrosis del tejido en los márgenes de las hojas viejas.

Na - generalmente sin clorosis, sino que necrosis de las puntas y márgenes de las hojas.

Mn\* - arrugado de la planta - conocido como hojas arrugadas.

Al\* \_ los márgenes de las hojas quemadas y achaparramiento.

\* los excesos de Mn y Al se presentan por lo general bajo condiciones de suelos muy ácidos.

## SINTOMAS INDIVIDUALES

FOSFORO (P). Las plantas se presentan a menudo pequeñas y achaparradas, pero en muchos cultivos las hojas tienen color verde más oscuro que el normal. Las hojas y algunas veces, los tallos, pueden desarrollar un color púrpura - rojizo, especialmente durante los primeros estadios de crecimiento.

Se retrasa la madurez, y el desarrollo de las raíces fibrosas se ve restringido. Los pecíolos, las hojas y los márgenes de ellas, suelen tomar una posición hacia arriba. Frecuentemente, el único síntoma consiste en plantas pequeñas.

POTASIO (K). Chamusco y quemado a lo largo de los márgenes de las hojas, constituyen el síntoma más común.

Estos por lo general aparecen primero en las hojas más viejas. Las plantas crecen lentamente, presentan sistemas radiculares desarrollados pobremente. Los tallos son débiles y el acame es común. Las semillas y frutos son pequeños y arrugados.

Las plantas poseen una resistencia menor a las enfermedades.

En el caso de las leguminosas, el primer síntoma de la deficiencia de potasio, son a menudo puntos pequeños, blanquecinos o amarillentos, alrededor de los márgenes de las hojas. Más tarde, los bordes se ponen amarillos y mueren.

NITROGENO (N). Las plantas se presentan de color verde claro, y su crecimiento es achaparrado. Las hojas inferiores, suelen ser las primeras en verse afectadas, pero las otras hojas las siguen, con un amarillamiento y quemado posterior, con abscisión de las hojas inferiores.

En los árboles, las hojas por lo general son pequeñas, de color verde pálido, pudiendo aparecer en cualesquiera partes de la planta, o en toda ella.

CALCIO (Ca). Las deficiencias de calcio en los campos no son comunes, debido a que los efectos secundarios, asociados con la acidez alta, limitan al crecimiento mucho antes.

Las hojas toman forma de taza y se arrugan, la yema terminal se deteriora con destrucción de los pecíolos.

Las frutas se destruyen en el terminal de la flor. Las deficiencias de calcio, se sabe, están asociadas con la "pudrición de la flor" en tomate y otros cultivos.

FIERRO (Fe). La deficiencia de fierro aparece con un color de hojas verde pálido, conservando las venas, su color verde, generalmente este síntoma se observa primero en las hojas jóvenes, pero cuando la deficiencia es severa, toda la planta puede presentar esta sintomatología.

Puede confundirse fácilmente con la deficiencia de manganeso, y también ocurre en los suelos de pH alto. La clorosis intervenal producida por el fierro, es a menudo más blanquecina que la producida por el manganeso.

AZUFRE (S). Las plantas toman un color verde pálido, pareciéndose mucho en sus síntomas a la deficiencia de nitrógeno. Los síntomas por lo general, aparecen primero en las hojas superiores, mientras que en las plantas carentes de nitrógeno, por lo general, sus síntomas, se presentan en las hojas inferiores, sin embargo, en las plantas deficientes en azufre, toda la planta puede tomar un color verde pálido.

Las hojas tienden a arrugarse a medida que la deficiencia progresa y los tallos tienden a crecer delgados y leñosos.

La deficiencia de azufre, es más común encontrarla en suelos arenosos, bajos en materia orgánica y en zonas de lluvias moderadas a intensas. Se presentan temprano en la estación, y los síntomas pueden desaparecer a medida que las raíces penetran el subsuelo, o en zonas con un contenido de azufre mayor.

ZINC (Zn). Los síntomas aparecen primero en las hojas jóvenes, y otras partes de la planta. Algunos cultivos son más propensos a mostrar síntomas, y han sido clasificados por ello.

En maíz la deficiencia, se llama "yema blanca", debido a que la yema joven se vuelve blanca o amarilla, mientras que las hojas muestran bandas descoloridas, o un rayado.

Otros síntomas incluyen, bronceado del arroz, arrocetado de las pecanas, "hojas pequeñas" de los frutales, manchas pardas con tejidos amarillentos en las leguminosas, y en citrus hojas pequeñas, moteadas y puntiagudas.

COBRE (Cu). Los suelos orgánicos, son los que tienen la mayor tendencia a presentar deficiencia de Cu, esto debido a que el cobre es fijado en formas no utilizables en estos suelos.

Los síntomas más comunes de la deficiencia de cobre, incluyen muerte progresiva en citrus, y reventón en las cebollas y otras hortalizas. Cuando una hortaliza presenta síntomas de deficiencia de cobre, las hojas pierden su turgencia y desarrollan un tono azul - verdoso, antes de ponerse cloróticas y enrolladas. También las plantas presentan mala floración, con una abscisión de hojas intensa.

MANGANESO (Mn). Los síntomas aparecen primero en las hojas jóvenes, con amarillamiento entre las venas, y a veces con pecas pardo - negruzcas. Esta deficiencia es a veces confundida con la del magnesio, sin embargo, por lo general, aparece primero en las hojas más jóvenes, mientras que las del magnesio ocurren primero en las hojas viejas, o en todas las hojas. La mejor forma de distinguir esta deficiencia, es medir las propiedades del suelo. La deficiencia de manganeso se encuentra con mayor frecuencia, si el pH del suelo es alto y con bastante contenido de materia orgánica, y en suelos inundados. La historia del encalado es importante.

BORO (B). La deficiencia de boro, por lo general, achaparra a las plantas - se observa primero en el punto de crecimiento y en las hojas inferiores

En muchos cultivos, los síntomas de la deficiencia de boro, se encuentran bien definidos y son muy específicos, tales como tallos de apio retorcidos y agrietados, corazón corchoso en manzanas, corazón negro en remolachas, corazón hueco en cacahuate, y pecíolos de hojas anillados o bandeados en algodón.

La alfalfa es particularmente susceptible a la deficiencia de boro., la cual se manifiesta por un arrocetamiento y amarillamiento superior, con muerte de la yema terminal. Con experiencia, ésta puede distinguirse de la deficiencia de potasio y el daño de las chicharritas.

MOLIBDENO (Mo). Los síntomas de la deficiencia de molibdeno, se presentan como un amarillamiento general, y achaparramiento de la planta. En la práctica, esta deficiencia puede producir una deficiencia de nitrógeno, en las leguminosas, debido a que las bacterias del suelo que actúan con las leguminosas para fijar nitrógeno del aire, necesitan de molibdeno.

Un análisis de suelo es útil, debido a que el molibdeno, se hace más disponible a medida que el pH del suelo aumenta. De modo que el encalado muy a menudo corrige esta deficiencia.

Esta no es una deficiencia fácil de detectar, solo con síntomas visuales, y sin un análisis de suelo o planta, y sin una historia de los tratamientos.

## **Sección 2: Síntomas Visuales**

### **Distinguiendo Síntomas Visuales De Otros**

Ya se ha enfatizado la necesidad de estudiar y adquirir experiencia, para reconocer los síntomas causados por deficiencias nutricionales. Es de especial importancia, aprender a diferenciar entre estos síntomas y otros síntomas visuales que puedan presentarse.

#### DAÑO DE HERBICIDAS

El uso de herbicidas, a dado un impulso enorme a la producción de los cultivos. Sin embargo, en forma ocasional, los herbicidas, pueden ser mal empleados, dando por resultado, daño a las plantas. Este puede ser confundido por un síntoma de deficiencia nutricional. Deberá de revisarse la historia de los tratamientos.

#### ENFERMEDADES E INSECTOS

Si el síntoma de deficiencia es uno bien conocido por el examinador, con toda seguridad no habrá problema mayor. Pero muy a menudo, cuando una planta muestra señales de problemas, la persona promedio, tendrá gran dificultad en decidir, si se trata de una deficiencia o de una enfermedad. Si se trata de una enfermedad, ¿será la deficiencia parcialmente responsable de ella?. ¿Serán nemátodos?.

Quizas no se trate de ninguno de los casos anteriores, sino que de un problema de calor, mucha agua, o poca agua. Frecuentemente estas preguntas son difíciles de contestar para alguien sin experiencia. De ahí, que no nos confiemos sólo en síntomas visuales, sino que utilicemos todas las herramientas a nuestro alcance.

Primero, busque por insectos, examinando las raíces, hojas y tallos. Al mismo tiempo, use una lente y busque por evidencias de enfermedades. Por supuesto, y para asegurarse, se deben llevar muestras a un patólogo o a un entomólogo.

Un análisis de planta, un análisis de tejido y uno de suelos, resultan muy serviciales para llegar a una respuesta.

#### CARACTERISTICAS GENERALES

Si bien es cierto, los síntomas, son diferentes para cultivos diferentes, existen ciertas claves generales para las deficiencias de nutrientes, y síntomas específicos para elementos individuales, que pueden servir como guía para todos ellos.

Se debería sospechar una deficiencia nutricional cuando se presenten las siguientes condiciones:

1. Crecimiento muy pobre al estado de plántula.
2. Plantas muy achaparradas en los primeros estadios del crecimiento.
3. Crecimiento radicular restringido o anormal.
4. Descoloraciones internas o anormalidades.
5. Madurez muy prematura o muy tardía.
6. Diferencias en crecimiento con los cultivos adyacentes, aún sin síntomas.
7. Cultivos de mala calidad - apariencia, gusto, firmeza, contenido de humedad.
8. Síntomas foliares específicos, que pueden aparecer en distintas épocas durante el crecimiento.

## **Sección 3: Análisis Del Suelo**

# **Sección 3: Análisis De Suelo Para**

## **Una Agricultura De Rendimientos Altos**

EL ANALISIS DE SUELO, es una herramienta importante en la agricultura de rendimientos altos. En U.S.A., se analizan anualmente de tres a cuatro millones de muestras. Los resultados, son muy útiles para estar al tanto de la fertilidad de los suelos. Cuando el análisis de suelo es utilizado junto con otro tipo de información, se constituye en una guía útil, para producir recomendaciones, en el uso de fertilizantes y cal.

En estas pruebas, se utilizan extractantes químicos. Este entra en contacto con el suelo por algunos minutos, para extraer una cantidad de nutrientes, indicativa de la disponibilidad de estos para las plantas en su período de crecimiento.

Se debe de seguir manteniendo la confianza en los análisis de suelo. Sin embargo, debemos evitar crear la impresión de que ellos, y las recomendaciones de fertilizantes resultantes, son "creadoras de milagros". El análisis de suelo, constituye una herramienta de diagnóstico, tan útil, como lo es para el médico, el termómetro o el estetoscopio. Pero, todas estas herramientas requieren de habilidades, más sentido común, en su uso e interpretación - más una aproximación realista a las necesidades y metas de los agricultores.

En 1949, se estableció en U.S.A. el Grupo Nacional de Análisis de Suelos. El aporte de este Grupo, consistió entre otros, en llamar la atención a dos factores, a los cuales se debería prestar mayor atención: (1) La obtención de muestras representativas y (2) Estudios de correlaciones para interpretar resultados. Estos problemas, aún no han sido resueltos en su totalidad.

Para utilizar los análisis de suelo en forma efectiva en la agricultura moderna, de rendimientos altos, deben de tenerse en cuenta numerosos puntos:

### **1. MANTENER LA INVESTIGACION DE RENDIMIENTOS ALTOS AL DIA**

Esta investigación es necesaria para determinar el nivel nutricional adecuado, para la obtención en forma continua, de rendimientos rentables. Se deben de conducir en forma constante experimentos de campo para calibrar o estandarizar los análisis de suelo. Son muy numerosos los trabajos de campo, que no han proporcionado datos de rendimientos altos, y por lo tanto, tienen un valor limitado para establecer correlaciones.

Por ejemplo, los análisis de suelo, calibrados para producir 7.5 ton/ha de maíz, cuando el interes es obtener 10 ton/ha son obsoletos.

Algunos de los estadísticos, que correlacionan datos de rendimiento de cultivos, y los nutrientes del suelo, datan de la época del Dr. Roger Bray. Sus datos, fueron obtenidos entre 1938 y 1941. En esa época, los rendimientos de maíz oscilaban entre 2 y 5 ton/ha. De modo que cuando



se usan esas correlaciones, para predecir la cantidad de nutrientes requeridos para rendimientos de 11 ton/ha de maíz, podríamos estar equivocados. Este hecho enfatiza la necesidad de nuevas pruebas para altos rendimientos, que sirvan de base experimental, para la correlación de los análisis de suelo y los requerimientos.

## 2. LA EPOCA Y EL METODO DE MUESTREO, PUEDE SER IMPORTANTE

Si bien es cierto, ha habido mejoras en el muestreo, aún uno de los problemas en el análisis de suelo, es la incapacidad de obtener una muestra que sea realmente representativa de las condiciones que estamos tratando de medir,

Se han hecho estudios científicos de las técnicas de muestreo, que señalan los posibles errores en que se puede incurrir por: número insuficiente de perforaciones para cada muestra; fallas, por no haber dividido el campo en forma adecuada; fallas por simplemente no haber cubierto en forma adecuada el área; errores por simple descuido o flojera.

Uno debería de considerar el tiempo que toma muestrear, y la localización de las perforaciones en relación al tiempo y método de colocación de los fertilizantes, y la profundidad del muestreo relacionado con el sistema de labranza.

¿Cuan a menudo se debería repetir el muestreo del suelo? En muchas partes la sugerencia, es hacer las pruebas cada dos o tres años. Pero en suelos arenosos, especialmente cuando el agua de lluvia o de riego es abundante, normalmente, la recomendación es hacerlo por lo menos una vez al año. Muchos laboratorios analizan en forma anual los nitratos.

También, se presenta la pregunta del análisis del sub suelo - y el secado de la muestra. Existen hoy en día muchos laboratorios que también quieren analizar el sub suelo.

## 3. ¿COMO ES POSIBLE, ENTONCES OBTENER UNA BUENA MUESTRA DE SUELOS?

La práctica más recomendada, es la de seguir en forma cuidadosa las instrucciones del laboratorio al cual se envió la muestra. Por lo general, estas instrucciones son muy detalladas y explícitas. El problema se suscita, no por las instrucciones, sino que por las fallas en que muchos incurren en seguirlas. A menudo, es de ayuda, hacer muestreo siguiendo mapas de suelo .

## 4. LOS METODOS DE LABORATORIO PROMUEVEN PRECISION.

Los equipos de laboratorio mejorados, las técnicas refinadas, y la metodología más moderna, han sido de gran ayuda en el análisis del suelo. El uso de espectro fotómetros, espectrógrafos, potenciómetros y una comprensión mejorada, han aumentado la velocidad y la precisión de las determinaciones de laboratorio.

Los laboratorios, en forma periódica, analizan muestras de testigos, para asegurarse, que tanto los instrumentos como las soluciones estan bien.

En el pasado, el mejoramiento en los análisis de suelo, por lo general se refería al desarrollo y tipos de análisis más nuevos y mejores. Prácticamente no tenía sentido, el desarrollar otras fases del análisis, hasta que la precisión de estos en el laboratorio estuviera asegurada.

Con el desarrollo de análisis precisos para la mayoría de los nutrientes mayores, y para casi todos los secundarios y micronutrientes, los investigadores se estan preocupando más de asuntos tales como:

(a) PROCEDIMIENTOS DE EXTRACCION - tipo de extractante, tiempos y métodos de extracción. Si usar una extracción para todos los elementos, o numerosas. Si utilizar un extractante para todas las areas de una región o varios.

(b) ANALISIS PARA "SORCION" O "FIJACION" DE VARIOS ELEMENTOS - esta información indica el grado de reducción en la disponibilidad de un elemento, cuando éste es puesto en el suelo - esta información es util para conocer la cantidad del elemento necesaria para alcanzar su nivel óptimo en el suelo.

(c) SIGNIFICADO DE LOS NUMEROS QUE SALEN DE LAS DETERMINACIONES - muchas veces en nuestros esfuerzos por refinar nuestros procedimientos de laboratorio, nos olvidamos del hecho, de que los resultados obtenidos mediante todos los procedimientos, son empíricos. La asimilación de los nutrientes por las plantas, está influenciada enormemente por numerosos factores tales como: humedad, luz, temperatura, otros elementos, edad de la planta, etc. De modo que el tratar de duplicar la absorción de nutrientes de una planta utilizando extracción química del suelo, es una proposición prácticamente imposible. De ahí que, los estudios de correlación, sean la base para el uso de los resultados de la extracción, para medir los niveles de fertilidad del suelo y las necesidades de la planta.

##### 5. ¿CUALES SON LAS PRUEBAS MAS USADAS?

Esto depende del laboratorio que hace los análisis, de la naturaleza del suelo, de los cultivos a cultivar y del tipo de problemas que se puedan presentar en el suelo o en el cultivo.

Todos los laboratorios miden pH, requerimiento de encalado, fósforo y potasio. Muchos laboratorios también determinan materia orgánica, calcio y magnesio, a menudo capacidad de intercambio catiónico (CIC) y por ciento de saturación de bases.

Las otras determinaciones, son para muchos laboratorios, opcionales, si bien es cierto, los laboratorios comerciales las incluyen. Estas determinaciones opcionales incluyen azufre, como sulfato, nitrógeno nítrico y elementos menores tales como: cinc, manganeso, cobre, boro, y fierro. En aquellos lugares en los que pudiera haber problemas, es

deseable hacer análisis para sodio y sales solubles. Los análisis de suelos de los invernaderos por lo general los incluyen.

## 6. ¿QUE HAY DE LAS PRUEBAS DE NITROGENO?

Los análisis para nitrógeno total, por lo general no se hacen. Esta información es de valor muy limitado, en los análisis de suelo rutinarios. Sin embargo, los análisis de nitrógeno nítrico, se están volviendo más comunes en aquellas zonas con precipitación baja, y en las zonas, en las que se utiliza riego. Este análisis, conlleva sistemas de muestreo especiales, siendo éstos por lo general suministrados por el laboratorio que hará el análisis y las recomendaciones.

Los análisis más confiables, son los efectuados para pH y requerimientos de cal, para fósforo extractable y potasio. Debido a que existe un respaldo de investigación más abundante detrás de la interpretación de estos análisis, es que se les tiene una mayor confianza.

## 7. OTROS ELEMENTOS

A medida que los rendimientos suben, los suelos se enpobrecen más, de ahí que se deberá poner mayor énfasis en las necesidades de las plantas por los elementos secundarios y micro. Esto abre un campo relativamente nuevo en el área de análisis de suelo.

Se hace necesario un programa de investigación vigoroso, para evaluar las posibilidades de el uso de análisis rutinarios de suelo, para determinar las necesidades de estos elementos.

Muchos laboratorios determinan calcio y magnesio extractable y usan esta información junto con el pH para determinar la necesidad de encalar, a la vez que medir las necesidades de calcio y magnesio. También se mide el azufre como sulfato, pero los sulfatos al igual que los nitratos son muy solubles, de modo que los datos deberán de ser interpretados con mucho cuidado. A menudo la textura del suelo, la cantidad de materia orgánica y los patrones de precipitación son más útiles que los niveles de azufre como sulfato, para predecir las necesidades de azufre.

Si bien es cierto, los trabajos de investigación en análisis para micronutrientes, están siendo conducidos, todavía existen algunos laboratorios, que estiman no haber llegado a la etapa en la que los análisis de suelos rutinarios puedan predecir, con gran precisión las necesidades de ciertos micro nutrientes. Si uno está en manos de un experto, uno se encuentra en mejores condiciones con estas determinaciones que sin ellas.

En forma específica, los análisis de manganeso, cinc y boro, pueden ayudar a hacer recomendaciones. Estos análisis deberán de ser vistos a la luz de otros análisis, junto con una descripción del tipo de suelo, más una historia completa del campo. En el caso de los micronutrientes,

son de ayuda particular las mediciones de la humedad y una historia completa de encalados y síntomas de plantas.

Son muchos los agrónomos que sienten que el análisis de planta, es más útil que el análisis de suelo, para estudiar la condición de nutrientes tales como el azufre y ciertos micronutrientes.

## 8. RECOMENDACIONES DE ENCALADO

Las recomendaciones de encalado, son consideradas como las más confiables que se pueden hacer, basadas en un análisis de suelo. Ellas deben de serlo, ya que muchas de las determinaciones ayudan a llegar a una recomendación de encalado: pH y pH tampón, saturación de bases, niveles de calcio y magnesio, materia orgánica y textura del suelo - todos estos se relacionan con la necesidad de encalado. De ahí que, el analizador del suelo, tenga mucha información en que basar su recomendación.

En algunas oportunidades, las cantidades de cal recomendadas no han producido los resultados esperados. Este hecho puede que no sea una falla del laboratorio, ya que puede ser producido por muchos factores tales como: calidad y fineza de la cal, cuan recientemente fué ella aplicada, mezclado y profundidad de la aradura, época del año del muestreo y al uso de altas dosis de fertilizantes nitrógenados.

Por ejemplo, muchas de las recomendaciones se han basado en una capa arable de 15 cm. En circunstancias de que cada vez es mayor el número de agricultores que aran a 25 cm, que demanda 50% más de cal. Esta profundidad también debe de ser considerada en las recomendaciones de fósforo y potasio, en los programas de "construcción de fertilidad".

## 9. ¿QUE SIGNIFICAN LOS NUMEROS?

Muy a menudo cuando los números resultantes del análisis de suelo llegan a manos del agricultor, o al agrónomo local, los números son a menudo mal interpretados, creando confusión. Existen numerosas razones para ello:

a) Los valores de los análisis de suelo, son empíricos y en realidad corresponden a un índice. Algunos laboratorios reportan números en término de "cantidades disponibles" de nutrientes vegetales. Otros en forma más adecuada, llaman a los números "nutrientes extractables". El análisis de suelo, no pretende extraer una cantidad de nutrientes que corresponda en forma exacta a la "cantidad disponible", sino que a una que está RELACIONADA a la cantidad, que es, o que estará disponible para las plantas.

b) Si los valores reportados son considerados altos, medios o bajos, dependerá de la calibración ( o estandarización o correlación) con experimentos de campo, conducidos en forma cuidadosa por un número de

años. Estos experimentos conllevan dosis y combinaciones diferentes de nutrientes. Tanto el rendimiento como la calidad deben de ser medidos. A veces se obtienen respuestas con un cultivo y no con otro, en un año sí y en otro no, o a un nivel de rendimiento y no a otro. De ahí que se necesite de habilidades y de experiencia en investigación de finca para calibrar los análisis de suelo, de los que se esperan respuestas.

c) Por lo general los laboratorios, reportan sus números en formas diferentes. Los micronutrientes, son a menudo reportados en términos diferentes que los elementos mayores. Los nutrientes pueden ser reportados como:

Kilos por hectarea kg/ha

Partes por millón (ppm)

Mili equivalentes por 100g (m.e./100g)

Por lo general, si se multiplican las ppm por 2 se obtienen los kilos por hectarea, considerando un peso promedio del suelo a una profundidad de 15cm, equivalente a dos millones de kilos.

Los m.e./100g, pueden ser una manera más científica de reportar los resultados, y tiene ciertas ventajas, pero es mucho más difícil para un no especialista, entenderlo. Por lo general, se usa para reportar la capacidad de intercambio catiónico.

d) Los laboratorios usan métodos de extracción y extractantes diferentes, de ahí que, se obtengan números diferentes para los nutrientes extractados. Este hecho perturba tanto al agricultor, como a algunos de los técnicos, pero debemos de recordar que el número es un índice, y que como tal, debe de ser calibrado con pruebas de campo. De ahí que, 60 kg/ha con un extractante, puede que signifique lo mismo que 100 kg/ha, con otro. Es posible que ambos sean "medio".

e) Ya que los números son empíricos, no es posible usar los números como algo exacto. Si un análisis de suelo da 60 kg/ha de un nutriente y la planta necesita 100 kg/ha de ese nutriente, para producir un buen rendimiento, no es posible simplemente restar 60 de 100 y concluir que la cantidad que debería aplicarse, son 40 kg/ha. Los números son simplemente índices.

f) Otra causa de confusión, relativa a los números, lo constituye el hecho, de que un laboratorio, puede reportar los nutrientes en su forma elemental (kilos de P o kilos de K por ha), mientras que otros lo pueden expresar en términos del óxido (kilos de  $P_2O_5$  o kg de  $K_2O$  por ha). Ambos son aceptables, pero por supuesto, que los números serán diferentes, para una misma cantidad de nutrientes extraídos.

## **Sección 3: Análisis De Suelo**

### **Interpretando Los Análisis De Suelo:**

#### **El Dividendo**

El dividendo resulta, cuando el análisis de suelo es utilizado, junto con información de apoyo adicionales, para hacer recomendaciones que eliminen a la fertilidad del suelo, como factor limitante.

Se debería enfatizar el uso del análisis del suelo, para medir el nivel de fertilidad de éste, en vez de usarlo sólo para hacer recomendaciones para un cultivo en particular, y en un año determinado. Manteniendo un registro, es posible determinar si el suelo se está agotando, se mantiene, o se está elevando en su fertilidad. Luego, para hacer recomendaciones, se deberían considerar los requerimientos del cultivo al nivel de fertilidad determinado. Cuando se trata de interpretar el análisis, son numerosos los puntos que se deben de recordar:

1. LA POSIBILIDAD de obtener una respuesta económica a la fertilización, es mucho más alta, en un suelo en el que su análisis para nutrientes es bajo, que en uno con análisis alto.
2. LO DICHO ANTERIORMENTE NO DESCARTA la posibilidad de una respuesta económica, por aplicación de fertilizantes, a un nivel de fertilidad alto, siempre que los otros factores de la producción, estén en su óptimo. Igualmente, una respuesta económica, en suelos de fertilidad baja, no está asegurada, cuando otros factores tales como CLIMA y MANEJO son pobres.
3. LA INTERPRETACION DE LOS ANALISIS DEL SUELO y las recomendaciones, muy a menudo, se vuelven asunto, de como mejorar el estado de fertilidad del suelo. ¿Cuanto será necesario para cambiar un suelo de su condición de baja, a media o de media a alta fertilidad? ¿Cual será el nivel más económico en el cual mantener el estado nutricional del suelo?

Purdue, señala que con un suelo de análisis bajo, existen de 70 a 95% de posibilidades de obtener una respuesta en rendimiento. Con un suelo de análisis alto, estas posibilidades se encuentran entre 10 y 40%. Minnesota, señala que con fertilizantes aplicados al surco, las posibilidades de respuesta, con un análisis de suelo alto, oscilan entre 30 y 65%.

4. CON NIVELES DE MANEJO ALTOS, aumentos en rendimientos y la probabilidad de una respuesta, a cualesquiera niveles de análisis, aumentan. Todavía existen muchas preguntas en lo relativo a análisis del suelo, para las cuales no se tienen respuestas, relacionados con niveles de rendimientos altos. Muchos piensan que ya hemos llegado, cuando en realidad, solo se ha comenzado a aprender acerca de cuales son las posibilidades.

## PREGUNTA BASICA:

¿Que es lo que quiere el agricultor ?

Algunos interpretadores, usan los análisis del suelo, para ver cuanto fertilizante puede ser aplicado en forma económica. Otros usan el análisis del suelo, para ver cual es la cantidad mínima que puede usar el agricultor.

El agricultor del mañana, debería recibir recomendaciones sobre fertilizantes, para la obtención de máximos económicos, o rendimientos de máximo rendimiento económico. Un análisis del suelo, da una buena oportunidad para sugerir ideas sobre manejo del cultivo, además de las recomendaciones sobre fertilizantes y encalado.

Debido a que los agricultores de hoy, deben de buscar rendimientos cada vez más altos, esto requiere de una evaluación de todos los factores de la ecuación del rendimiento, para poder determinar aquellos sobre los cuales, el puede ejercer algún control. Uno de ellos lo constituye la fertilidad del suelo. La filosofía antigua era, la de analizar el suelo y predecir respuestas a las adiciones de un nutriente. Lamentablemente esta filosofía, no responde a las preguntas del agricultor de nuestros días. El quiere mantener su suelo en condiciones para producir altos rendimientos. El no quiere que sus rendimientos disminuyan debido a una deficiencia o a un desequilibrio de elementos. El no desea volver a un rendimiento "promedio", para luego obtener respuesta a la aplicación de fertilizantes. Más bien, lo que el quiere es elevar el nivel nutricional a un óptimo y mantenerse en el.

De ahí que, los análisis de suelo en el futuro, puede que sean utilizados para determinar el nivel óptimo de un elemento para alcanzar rendimientos altos, la cantidad que deberá aplicarse para lograr ese nivel, y luego la cantidad necesaria para mantenerlo. Ha sido sugerido, que el agricultor no debería nunca dejar que su suelo caiga al nivel en el que obtenga respuestas a aplicaciones de ellos, salvo el nitrógeno.

## **Sección 3: Análisis De Suelo**

### **Haciendo Recomendaciones Basadas**

#### **En Análisis De Suelo**

HUBO UNA EPOCA en la que las recomendaciones derivadas del análisis del suelo, eran hechas solo por personas altamente capacitadas, las que también hacían los análisis. Hoy en día, otros grupos luego de recibir capacitación especial, pueden hacer estas recomendaciones.

Este hecho, ofrece ciertas ventajas. Por ejemplo, permite que las recomendaciones sean hechas de primera mano, por una persona que tiene un conocimiento del agricultor, y de sus problemas - una persona que puede seguir los resultados obtenidos.

También, muchos agricultores hombres de negocio, quieren más que una mera recomendación de fertilizantes. Ellos desean planes completos para alcanzar sus metas de rendimiento. Esto conlleva la inclusión de factores relacionados - variedad adecuada, prácticas culturales, época de siembra, uso adecuado de pesticidas, etc.

Bajo estas circunstancias, las agencias consultoras, pueden ser usadas por los agricultores para muestrear el suelo y también la planta, y para controlar al cultivo a través de la estación de crecimiento. Esto, le añade al análisis del suelo una dimensión nueva. Pero el consultante debería de estar muy bien informado y tener una experiencia en el uso e interpretación de los análisis del suelo.

En la mayoría de los casos, los laboratorios, tanto de la industria como los comerciales, están tan bien equipados como los laboratorios estatales, para hacer los análisis con precisión. Los resultados numéricos reportados por un laboratorio, pueden diferir con otros, pero esto no significa que un laboratorio esté correcto y el otro equivocado.

La figura numérica es relativa, y su significado en termino de alto, medio o bajo va a depender del sistema de calibración y también de la filosofía de hacer las recomendaciones.

Es posible que dos científicos puedan recomendar dosis diferentes de nutrientes, a partir de un mismo análisis de suelo, dependiendo de factores tales como: metas de rendimiento, planes de elevar o gastar la fertilidad, y en forma especial del tipo de agricultor para quien se está haciendo la recomendación.

Es debido a estas razones, que el uso de computadoras para hacer estas recomendaciones, debe de ser manejado con sumo cuidado. Las lecturas de las computadoras, deberían de ser sometidas a modificaciones por aquellos que conocen la historia y las prácticas del agricultor, y los numerosos factores locales que forman parte de la determinación del rendimiento.

Es difícil imaginarse a un médico, haciendo un diagnóstico basandose en un análisis de sangre, enviada por un paciente y analizada e



interpretada por una computadora. El médico querrá ver al paciente, hacerle preguntas, obtener su historial y usar el análisis de sangre como una ayuda en el diagnóstico. Con esto no se está sugiriendo que el uso de las computadoras, sea indeseable. Las computadoras han sido de gran ayuda en el ahorro de mano de obra, en el manejo de datos, dando como resultado, menor número de errores en la mecánica de los cálculos y reporte de valores. También el almacenaje de los valores de los análisis del suelo, en la computadora han facilitado los resúmenes anuales de los datos de estos análisis.

La computadora es muy útil, pero se deberían tomar precauciones, si se espera que ella haga todas las decisiones de juicio.

#### RECOMENDACIONES CUANDO LOS NIVELES SON ALTOS

Uno puede hacerse la siguiente pregunta, ¿si los análisis del suelo son altos en un nutriente, debo añadir más? Si "alto" significa, que hay una abundancia de este elemento presente en forma disponible, entonces será mejor no hacer nada, por lo menos con el cultivo inmediato.

Algunos laboratorios le asignan al valor "alto" no ha condiciones muy altas, sino que al nivel en el cual, las probabilidades de respuesta o no respuesta a aplicaciones del nutriente ese año.

Al mismo tiempo, al no colocar ese nutriente, con toda seguridad, dará como resultado una baja en él. Es posible, que bajo ciertas condiciones, los cultivos respondan económicamente a un nutriente aún cuando, éste, esté a un nivel analítico alto. Por ejemplo, en maíz sembrado temprano, la adición de P y K en el surco, pueden producir respuestas en suelos de análisis altos.

A menudo, los agricultores fallan en ponerle un precio a la fertilidad residual. Si bien los retornos inmediatos, en la inversión en fertilizantes es importante, a los agricultores buenos, les interesa la obtención de buenos retornos a través de los años.

Algunos laboratorios y analizadores del suelo, sugieren colocar nutrientes, aún cuando el nivel de éste sea alto, para evitar el desgaste de este nutriente vegetal. Este desgaste, es posible que en ciertos suelos, se produzca en forma rápida, si los rendimientos son altos. Por ejemplo, en Tennessee el nivel de K en el suelo cayó desde muy "alto", en un comienzo a "bajo" al término de una estación de crecimiento, como resultado de la obtención por corte, de 4 a 5 toneladas de heno de alfalfa.

#### ¿QUE SIGNIFICAN LOS ANALISIS DEL SUELO?

En las décadas de los 40, 50 y 60, los niveles de fertilidad de los suelos y los niveles de rendimiento, eran bajos y en consecuencia, el

nivel de fertilidad constituyó un factor de control de los rendimientos importante.

Hoy en día, tanto la fertilidad, como los rendimientos son altos, y en la medida que los mejores agricultores se esfuerzan por obtener rendimientos y calidades más altos, otros factores se hacen en forma creciente, más importantes, junto a los fertilizantes. El objetivo es elevar la productividad del suelo tanto como la fertilidad.

Los experimentos de fertilidad de larga duración, son esenciales para que los análisis de suelo sean provechosos y tengan sentido. La mayoría de los agricultores operan a períodos de tiempo prolongado. Los análisis del suelo constituyen herramientas de diagnóstico muy útiles y esto es lo que en esencia ellos son, - herramientas. El considerar al análisis del suelo como un trabajador milagroso e infalible es, mal usarlo. La realidad es que prácticamente nunca ha sido cuestionado el valor del análisis del suelo, en sí mismo. Es en la interpretación de los resultados que se presentan las diferencias filosóficas.

#### EN RESUMEN

1. Un análisis del suelo mide el nivel de fertilidad relativo de éste.
2. La investigación para obtener rendimientos máximos, debe determinar los niveles de fertilidad de todo el perfil del suelo, en el cual la mayoría de los rendimientos rentables serán producidos en forma consistente.
3. Cuando se interpreta un análisis del suelo, el objetivo debiera ser mantener los nutrientes a un nivel tal, que el suministro de ellos no sea factor limitante en ninguno de los estadios del crecimiento, que van desde la germinación a la madurez.
4. Para que el análisis del suelo se constituya aún más en algo servicial y confiable, en la agricultura de altos rendimientos, deberá de efectuarse una mayor cantidad de investigación de largo plazo, para establecer correlaciones entre éstas y los niveles de producción. También, deberá de dedicarse mayor atención a muestreos adecuados, a tiempo y a las técnicas de éste..
5. Los análisis del suelo, son de importancia al planificar programas de fertilidad, a largo plazo. El muestreo periódico, y la mantención de datos de los niveles de fertilidad, rendimiento y las prácticas de manejo, constituyen un imperativo.

#### NOTAS FINALES EN EL ANALISIS DEL SUELO

EN ESTA DISCUSION no se pretendió presentar las teorías que subyacen detrás de los diferentes métodos de extracción. Tampoco se dieron instrucciones específicas tanto para el muestreo de suelos como para su

análisis. Cada quien que deba analizar sus suelos, debería elejir un laboratorio en el cual tenga confianza y seguir sus instrucciones. Luego chequear los niveles del análisis a través de los años.

## **Sección 4: Análisis De Planta**

# Sección 4: Análisis De Planta Y Pruebas De Tejido

EL ANALISIS DE PLANTA ha sido utilizado como una herramienta de diagnóstico por muchos años. En años recientes, se ha notado un interés y actividades renovadas. Las razones para ello, son numerosas - técnicas mejoradas para hacer el análisis de planta, número creciente de información para la calibración, y una mayor demanda, tanto del agricultor, como de sus consejeros.

El análisis de planta, se basa en el concepto de que la concentración de un elemento esencial en una planta o parte ella, indican la habilidad del suelo, para suministrar éste nutriente. De ahí que, este estaría directamente relacionado, a la cantidad que se encuentre disponible en el suelo, en forma disponible para las plantas. Otro concepto, es el de que hasta cierto punto, en la medida que aumenta el por ciento de un nutriente en la planta, los rendimientos aumentan.

El análisis de planta, por lo general, se refiere al análisis cuantitativo, de la cantidad total de elementos esenciales en el tejido de la planta. Debemos distinguirlo, de las pruebas rápidas de tejidos, las cuales pueden ser efectuadas en el campo. Más adelante, se estudiarán estas con más detalle.

El análisis de planta y el análisis de suelo van mano a mano.

## RAZONES PARA EL USO DEL ANALISIS DE PLANTA

1. Para diagnosticar o confirmar al diagnóstico de síntomas visuales. Los síntomas visuales, por lo general son difíciles de diagnosticar, debido a que un gran número de factores pueden producir síntomas parecidos. A menudo, los análisis, son utilizados para comparar plantas normales con plantas anormales.
2. Para identificar "hambre escondida". A veces una planta puede estar sufriendo de una deficiencia, sin mostrar síntomas. Los análisis de planta, permiten ir más allá de las apariencias del cultivo.
3. Para saber si los nutrientes aplicados entraron en la planta. Si los nutrientes aplicados no responden, podría concluirse que estos no están deficientes. Sin embargo, factores como : pestes, colocación adecuada, propiedades químicas del suelo, o falta de humedad podrían prevenir su entrada.
4. Para mostrar interacciones o antagonismos entre nutrientes. Algunas veces el colocar un nutriente, afectará la cantidad de otro en la planta. Por ejemplo, la absorción del cinc, puede verse reducida por niveles de fósforo altos.

5. Para estudiar las tendencias anuales, o de varios años. Los muestreos periódicos, durante la estación de crecimiento, pueden ayudar a determinar si un nutriente se está haciendo deficiente. Al seguir un cultivo por varios años es posible conocer las tendencias en los niveles de fertilidad de los suelos. Muchas de las deficiencias más comunes, son el resultado de encalados y fertilizaciones inadecuadas a lo largo de mucho tiempo. Tanto las deficiencias como los excesos de nutrientes, pueden ser detectados antes de que ellas aparezcan como síntomas visuales, o reduzcan el rendimiento y la calidad de la cosecha.

6. Para sugerir pruebas adicionales o estudios para identificar problemas de campo. Los análisis pueden ser útiles en la localización de las zonas para llevar a cabo los experimentos de fertilizantes.

#### CALIBRACION CON EL RENDIMIENTO Y EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN EL SUELO

Es de importancia primordial, conocer como el análisis de planta se relaciona a los niveles de nutrientes disponibles en el suelo, o a los nutrientes aplicados. Los estudios que relacionan dosis de nutrientes a varios niveles de éste, en el suelo, son esenciales para definir esta relación. Si bien es cierto estos tipos de estudio han sido numerosos, ellos han sido llevados a cabo, por lo general a niveles de rendimiento relativamente bajos. Existe una necesidad urgente de investigación bien conducida, a niveles de producción modernos, hasta niveles de producción máximos, para suelos específicos y en su medio ambiente.

Los niveles de rendimiento, tienen efectos diferentes, en lo que se consideran niveles nutricionales adecuados en la planta. Un ejemplo de ello, lo constituye el potasio, en la alfalfa. Hace ya algunos años, 1.25% de K era considerado adecuado. A medida que los rendimientos se movieron hacia arriba, los valores del potasio cambiaron a 1.5, 1.75 y 2.5%. Hay quien piensa que 3.0% de K o más sería necesario para mantener los rendimientos altos, junto con la calidad, y la mantención de la población de plantas de alfalfa. Se podrían citar numerosos ejemplos similares para cultivos como el maíz y la soya.

A niveles de rendimiento bajos, otros factores, no necesariamente, los nutrientes pueden estar limitando los rendimientos, y por lo tanto, el contenido de estos en la planta, no tienen mayor significado

#### NIVEL CRITICO

Para numerosos nutrientes y muchas especies, se han sugerido niveles críticos. Este se define como: el contenido de un elemento bajo el cual el rendimiento del cultivo, o su comportamiento, es reducido por debajo del óptimo. Algunas veces éste se considera como el punto que entrega 90 a 95% del rendimiento máximo. Por ejemplo, en maíz, alrededor de N 3%, P 0.3% y K 2%, en la hoja de la mazorca, al momento de la aparición del pelo, han sido considerados como valores críticos. Sin embargo, se hace difícil escoger un nivel determinado, ya que son

muchos los factores que afectan, si un contenido dado, es suficiente o insuficiente. También, debemos de considerar que los agricultores de altos rendimientos, no se contentan con 90 o 95% de los rendimientos máximos.

#### RANGOS DE CONCENTRACION

Se han desarrollado rangos de concentración, para deficiencias: bajos, suficientes o adecuados, altos y tóxicos, para numerosos cultivos. Este concepto, por lo general es más útil que el de nivel crítico. En Georgia, la concentración de cada elemento, es reportado, como: menor que, mayor que, o dentro de los campos de suficiencia. Cuando se utiliza el análisis de planta, como un instrumento de diagnóstico, los elementos que se encuentran en cantidades excesivas puede que sean tan importantes como los deficientes.

# Sección 4: Análisis De Planta Y Pruebas De Tejido

## Factores Que Afectan La Concentración De Nutrientes En Las Plantas

EL NIVEL DE ANALISIS DEL SUELO y las cantidades adicionadas en : fertilizantes, estiercoles, residuos, y sustancias correctoras, constituyen factores claves. Sin embargo, la concentración de un nutriente dentro de la planta, es el valor integrado de todos los factores que inter actuan, para afectar el crecimiento de ésta. Si se consideran la multiplicidad de factores que influncian al crecimiento y su resultante, el rendimiento, es sorprendente, lo bien que el análisis de planta y sus relaciones, se mantengan tan bien como lo hacen. Algunos de estos factores, son discutidos en los parrafos siguientes.

**HUMEDAD DEL SUELO.** Esta es muy importante. Cuando la humedad del suelo baja, a las plantas les es más difícil absorber nutrientes, y su contenido en estos será bajo. Esto se ilustra en la Tabla 1. Cuando falta humedad, se reducen en el maíz el nitrógeno, fósforo y potasio. Con aplicaciones de estos nutrientes, una mayor cantidad entró en la planta, pero las concentraciones en los períodos de seca continuaron siendo más bajas que el óptimo. Es de importancia agregar nutrientes en cantidades suficientes para ayudar a segurarse, en contra de las variaciones estacionales de requerimiento.

Tabla 1. Influencia de la aplicación de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O y la falta de humedad en el % de N, P, y K en las hojas de maíz. (Dr. R.D. Voss, Iowas State University).

Nutrientes aplicados			Concentración de NPK	
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Días sin falta humedad	Falta de humedad
kg/ha			% N	
0	160	50	2.0	1.5
160	160	50	2.9	2.2
			% P	
160	0	50	0.26	0.12
160	160	50	0.32	0.18
			% K	
160	160	0	1.1	0.7
160	160	50	1.6	1.2

**TEMPERATURA.** Las temperaturas bajas, reducen la absorción de numerosos elementos que incluyen: N, P, K, S, Mg y Zn. Para los climas fríos, se ha encontrado que aún con análisis en sus suelos, de nutrientes altos , es necesario utilizar dosificaciones más elevadas de nutrientes, para alcanzar concentraciones comparables a aquellas que se encuentran en climas más cálidos. También la entrega de elementos como el azufre,



fósforo y el nitrógeno, a partir de la mineralización de la materia orgánica se retarda.

**pH DEL SUELO.** Este afecta la disponibilidad de muchos nutrientes. Por ejemplo, un pH alto, tiende a reducir la cantidad de: Fe, Al, Zn, Mg y B. pero aumenta el Mo en las plantas. Un pH bajo, hace más difícil para la planta absorber al Mg y P, pero sí absorbe más Mn y Al.

**LABRANZA Y COLOCACION.** Las prácticas de labranza de conservación, pueden producir una menor absorción de nutrientes, en forma particular del potasio, en zonas secas y frías. Se muestra en la tabla 2, un ejemplo de un suelo de Wisconsin medio en potasio. La concentración del potasio en la hoja de la mazorca, del area no arada, fué menor que la de la zona arada, con o sin fertilización potásica.

Tabla 2. Efecto de la labranza y la fertilización con potasio en el contenido de K en la hoja de la mazorca. Dr. E.E. Schulte, University of Wisconsin).

K <sub>2</sub> O aplicado anualmente por cinco años. kg/ha	% de K en hoja de mazorca	
	Arado	No Arado
0	0.73	0.59
80	1.40	1.04
160	1.71	1.42

Esto se debe en parte a la disponibilidad, debido a posición, ya que la mayor parte del fertilizante, fué colocado al voleo y permaneció cerca de la superficie. La colocación de los nutrientes en bandas, cerca de la semilla o profundamente en el suelo, mejora la absorción por la planta.

La colocación en bandas, es efectiva en aumentar la absorción de nutrientes en los primeros estadios del crecimiento, y puede influenciar el rendimiento.

**HIBRIDO O VARIEDAD.** El rendimiento de un cultivo, es el resultado de su capacidad genética y del medio ambiente. Los híbridos y las variedades fluctúan enormemente en sus potenciales de rendimiento. Por ejemplo, en un experimento en New Jersey, un híbrido de maíz rindió 17.5 ton/ha y otro 13 ton/ha, bajo las mismas condiciones. Es obvio que la absorción total de nutrientes será muy diferente. También, las variedades o híbridos pueden variar enormemente en la concentración de nutrientes, y muestras mayor sea la variación genética, mayor será la variación en sus nutrientes. Existe muy poca información en los niveles críticos o de suficiencia para variedades e híbridos específicos,

**INTERACCIONES.** Una concentración alta de un elemento, puede producir desbalances o deficiencias en otros elementos. Las relaciones entre el fósforo y el cinc, constituyen un ejemplo de ello. Una cantidad de

fósforo alta, puede reducir la cantidad de cinc en la planta. Bajo condiciones de suministro marginal de magnesio en el suelo, una aplicación alta de potasio puede reducir al magnesio a puntos de deficiencia. La concentración del potasio en la planta puede reducirse utilizando dosis altas de N-amoniaco.

ESTADIOS DEL CRECIMIENTO. La concentración adecuada de un elemento, cambia a medida que la planta crece o madura (Tabla 3). De ahí que, es importante que las plantas sean muestreadas en estadios comparables y reconocibles de su crecimiento.

Tabla 3. Efecto del estadio de crecimiento del maíz en los rangos de suficiencia para N, P y K.

	% del rango de suficiencia		
	N	P	K
Plantas enteras, menos de 30cm de altura.	3.5-5.0	0.3-0.5	2.5-4.0
Hoja bajo el cogollo, antes de espigar.	3.0-3.5	0.25-0.45	2.0-2.5
Hoja de la mazorca a la espigadura, antes de que los pelos se pongan pardos.	2.75-3.2	0.25-0.45	1.75-2.25

## **Sección 4: Análisis De Planta**

### **Y Prueba De Tejidos**

1. **MATERIAL DE ENVIO POR CORREO.** Muchos laboratorios tienen materiales de envío por correo, para las muestras de tejidos. Las instrucciones para el muestreo y la presentación de las muestras, deberán de ser seguidas en forma estricta.
2. **QUE MUESTREAR.** Los procedimientos para muestrear son suministrados por el laboratorio que hará el análisis. Cuando no se dan instrucciones de muestreo específicas para un cultivo dado, la regla general, es muestrear hojas superiores recientemente maduras. La época recomendada para muestrear la mayoría de las plantas, es justo antes del comienzo del estadio reproductivo.
3. **MUESTRAS PAREADAS.** Cuando se sospecha una deficiencia, tome muestras de las plantas normales y de las plantas afectadas en lugares adyacentes también saque una muestra del suelo de ambos lugares.
4. **LAVADO PARA REMOVER CONTAMINANTES.** Se deben evitar las plantas muy polvorrientas. Si el polvo se encuentra presente, será suficiente escobillarlas o limpiarlas con un paño húmedo. De no ser posible, enjuague bien con agua corriente, cuando el material esté fresco aún .
5. **QUE NO MUESTREAR:**
  - Material vegetal enfermo o muerto, dañado por insectos o herido mecánicamente.
  - Plantas que hayan estado sometidas a fríos intensos o a calor, deficiencias o exceso de agua.
  - Raíces dañadas por nemátodos, insectos o enfermedades.
6. **LA LISTA DE PREGUNTAS.** Esta constituye el medio de comunicación entre el muestreador y el laboratorio. El completar la lista de preguntas, es importante, si se quiere que el interpretador evalúe en forma adecuada al análisis.
7. **EMPAQUE DEL TEJIDO VEGETAL.** Séquelo en forma parcial al aire y coloque la muestra en una bolsa de papel limpia o en un sobre. **NO LAS COLOQUE EN BOLSA DE POLIETILENO O ENVASES QUE SEAN HERMETICOS.**

POSIBILIDADES DE ERROR

1. Al coleccionar la muestra - parte de la planta, estadio de crecimiento, medio ambiente.
2. Analisis en el laboratorio.
3. Interpretación
4. Los rangos de suficiencia puede que no sean aplicables a los rendimientos modernos.
5. Lista de preguntas contestada en forma errónea.
6. Suelos o muy ácidos o muy alcalinos, que afecta en forma adversa el crecimiento de la planta.
7. Cantidades de otros nutrientes. Una deficiencia del nutriente A puede producir que el nutriente B, se acumule. Sin embargo, si se suministra el nutriente A, en cantidades adecuadas, el nutriente B puede ser deficiente.
8. El agregado de un nutriente puede que aumente el rendimiento, pero no aumente el contenido porcentual en la planta. Sin embargo, debido a que la planta es más grande, el contenido total del nutriente en la planta será mayor.
9. Los rangos de suficiencia o adecuados para una zona dada, puede que varíen de un año al otro, debido a las condiciones climáticas.

#### USO DEL ANALISIS DE PLANTA

En la mayoría de los cultivos extensivos, si los análisis se hacen cuando comienza el estadio reproductivo, ya es muy tarde para que ellos sean de utilidad en el año en curso. Es posible hacer ajustes en las prácticas de encalado y de fertilización, para el cultivo del año siguiente, si se utilizan junto con el análisis de suelo.

Sin embargo, con el nitrógeno, y a menudo con el potasio, el análisis de planta, antes del estadio reproductivo, puede encontrar deficiencias en N y K, que podrían ser corregidas en la estación en curso, para cultivos como maíz, algodón y tomates. El uso creciente de las aplicaciones foliares, los esfuerzos mayores para obtener rendimientos con ganancias altas y el mayor uso del riego, aumentarán las tendencias de administrar aplicaciones correctivas de nitrógeno en el año en curso, tanto como la de otros elementos como el potasio. Algunos micronutrientes como el Mn, se aplican corrientemente como aspersiones foliares, si se encuentra a través del análisis o la observación visual que éste está deficiente.

Por muchos años, el análisis de planta, ha sido usado en árboles frutales tales como: cítricos, melocotoneros, manzanos, pecanas y otras nueces. Debido a la naturaleza perenne de estos cultivos y a su sistema radicular extenso, el análisis de planta es particularmente útil para

determinar su estado nutricional, con la posibilidad de hacer aplicaciones correctivas el año en curso.

Existen tablas que sirven de guía para interpretar los análisis de planta, y relacionar los resultados de estos análisis con causas probables, del por qué se salen de los rangos de suficiencia. Un ejemplo de esto, lo constituyen las tablas del Boletín 735 de la Universidad de Georgia, Manual de Análisis de Planta.

Debe enfatizarse, que las interpretaciones no son válidas para cultivos infestados por nemátodos, insectos, enfermedades, malezas, daños químicos o mecánicos. También, es difícil interpretar resultados de cultivos que han sufrido de una gran sequía. De ahí que, es muy importante examinar las plantas en forma muy cuidadosa por estos problemas, y estar conscientes de las estadísticas climáticas.

#### EL ENFOQUE SDRI

El enfoque de VALOR CRITICO y RANGO DE SUFICIENCIA, tienen limitaciones. Una importante, es que el estadio de crecimiento influencia enormemente los valores. De manera, que a menos que, la muestra para el diagnóstico sea tomada en el tiempo adecuado, el enfoque de valor crítico puede volverse insensible a la insuficiencia ha ser diagnosticada.

Por ejemplo, si la muestra de hojas es tomada antes de lo que debiera de haber sido, el contenido de nutrientes puede ser más alto que los valores críticos dados, en circunstancia que de hecho, la planta tiene una deficiencia. Por otra parte, si la muestra es sacada más tarde de lo que debiera de haber sido, los nutrientes, que no eran insuficientes, pueden ser diagnosticados como deficientes.

El Sistema de Diagnóstico y Recomendación Integrados (SDRI), presenta características únicas, que ayudan a sobrellevar este problema. ( Dr. M.E. Sumner, Universidad de Georgia). Hace posible hacer diagnósticos a edades diferentes del cultivo y clasificar el orden en el cual los nutrientes limitan al rendimiento.

En el enfoque SDRI, se encuentran índices y normas para varios cultivos. El índice para un cultivo en una etapa de crecimiento dada, está determinada por análisis de planta para varios elementos que incluyen al N, P, K, Ca, y Mg. Mientras más negativo sea el valor del índice para un nutriente, éste será más deficiente en relación a los otros. Debido a que los índices ponderan los nutrientes en orden de su importancia limitante, ellos en forma automática incorporan el concepto de balance al sistema.

El enfoque SDRI, aún no es usado ampliamente, pero se trata de un enfoque que ayuda a contestar numerosas preguntas pertinentes al análisis de planta. Debe de ser utilizado en forma experimental junto con otros métodos de interpretación.

## NECESIDADES DE NUTRIENTES TOTALES

Otro uso del análisis de planta, es el de determinar la cantidad de nutrientes totales, en toda la parte aérea de la planta, o en el grano cosechado. Cuando se tienen estos datos, para varios niveles de rendimiento, se destaca la necesidad del uso de altos niveles de nutrientes para la obtención de rendimientos altos. Si bien las necesidades de fertilizante, no pueden ser predichas, a partir de los datos de remoción, sabemos que los nutrientes provienen del suelo y de los fertilizantes.

En la Tabla 3, se encuentran las cantidades de ciertos nutrientes de la parte aérea, en forma aproximada, para varios cultivos y a tres niveles de rendimiento. Las cantidades precisas variarán con la variedad, el suelo y el clima.

Tabla 3. Cantidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Mg y S en la parte aérea de cuatro cultivos. Potash & Phosphate Institute.

	ton/ha											
	Maíz			Soya			Trigo			Alfalfa		
	6	11	14	2	3	4	2	3	4	8	16	20
N	155	266	350	216	324	432	67	134	168	225	450	600
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	58	114	150	43	64	85	27	54	68	40	80	120
K <sub>2</sub> O	165	266	350	95	142	189	81	162	203	200	480	600
Mg	41	65	81	18	27	36	12	24	30	20	40	53
S	21	33	41	17	25	33	10	20	25	20	40	51

Existe cierto énfasis de sólo fertilizar una sola vez, en una rotación. Por ejemplo, en una rotación de maíz - soya, la mayor parte del fósforo y potasio, es aplicado antes del maíz o la soya, con una sola aplicación de fertilizante de partida, en bandas, a la siembra del maíz. Esta técnica es satisfactoria, siempre que se apliquen cantidades adecuadas para hacerse cargo de los dos cultivos. Muy a menudo, se enfatiza la gran cantidad de nutrientes que los forrajes remueven. Sin embargo, en la misma forma, también debemos de reconocer que los granos de alta producción, remueven cantidades altas de nutrientes.

Nutrientes Solo del Grano

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	S
	-----kg/ha-----				
Maíz - 11 ton/ha	150	87	57	18	15
Soya - 3 ton/ha	240*	48	84	17	12
TOTAL	390	135	141	35	27

\* Las leguminosas pueden obtener la mayor parte de su N del aire. Los análisis de la planta entera en varios estadíos de su desarrollo, a través de la estación de crecimiento, ayudan a conocer las cantidades de nutrientes totales que estas necesitan.

## **Sección 4: Análisis De Planta Y Prueba De Tejidos**

UNA PRUEBA DE TEJIDOS es la determinación de la cantidad de un nutriente vegetal contenido en la savia de la planta. Se trata de una medida semi cuantitativa, del contenido soluble no asimilado de la savia.

Los tejidos vegetales verdes de las plantas, pueden ser analizados en la finca, situación que ayuda a las personas a verificar o predecir, el estado nutricional, mientras que se está en ésta. Los resultados se leen como: muy bajo, bajo, medio y alto. Su propósito principal, no es el de partir pelos, sino, que el de evaluar la situación general. Se pueden hacer pruebas para varios elementos: N-nítrico, P, K y en forma ocasional otros.

La prueba de tejidos hechos en la finca, constituyen una ayuda en la verificación de los síntomas de deficiencia en ella, y también sirve para detectar deficiencias, antes de que los síntomas aparezcan. Una buena metodología, es la de comparar plantas adyacentes sanas, junto con las que no se ven muy bien. Muy a menudo es posible determinar el pH del suelo de la finca al mismo tiempo, ya sea utilizando métodos colorimétricos o un electrodo portatil, estos valores pueden ser de gran ayuda en la interpretación de la prueba de tejidos efectuada.

La concentración de los nutrientes en la savia de las células de un tejido verde, constituye por lo general un buen indicador, de cuan adecuado es el suministro de nutrientes en la planta, al momento de la prueba. La savia de las células de los tejidos conductores, podría ser comparada con las cintas transportadoras de la industria. Si la industria, quiere operar a plena capacidad, las cintas que transportan la materia prima, deberán de moverse dentro del plan general y a tiempo. Si uno de los ingredientes falta, su cinta transportadora irá vacía, y los otros ingredientes se acumularán, de consiguiente la producción se verá reducida en forma dramática.

Un capatáz alerta, verá la forma de asegurarse de que no se produzcan deficiencias. De la misma forma, un agricultor alerta, o su consejero, verán la forma de que ningún nutriente limite el crecimiento del cultivo, y de que el suministro de ingredientes esté bien balanceado.

Al usar pruebas de tejido, estamos mirando por un elemento (como el N), que esté limitando el rendimiento del cultivo. Si es solo un elemento el que se encuentra a un nivel bajo, esto puede producir que los otros se acumulen en la savia, debido a que el crecimiento de la planta ha sido reducido. Si se corrige la deficiencia, y la planta crece en forma vigorosa, es posible entonces, que otros elementos no se encuentren en su nivel adecuado, para la obtención de rendimientos altos.



Los materiales necesarios para la prueba de tejido, son simples, y fáciles de llevar. El equipo puede que incluya: papel de prueba, alicate, dos soluciones, cuchillo y polvo para nitratos. Plant Check, 4200, Woodville Pike, Urbana, Ohio 43078 o el Urbana Laboratories P. O. 399, Urbana, Illinois 61801, pueden suministrar juegos para hacer la prueba para NPK. Además, Plant Check puede vender un equipo para medir pH.

Se necesita mucha PRACTICA Y CUIDADO PARA CONDUCIR ESTAS PRUEBAS E INTERPRETAR SUS RESULTADOS. Los equipos traen instrucciones. También el Potash & Phosphate Institute, 2801 Buford Hwy., N.E. Suite 401, Atlanta, Georgia 30329, tiene una serie de diapositivas con manual, "Field Diagnosos and Tissue Testing", que cubre las técnicas, interpretación y posibles errores.

Es de importancia considerar:

1. Que la solución de molibdato de amonio puede echarse a perder. De ahí que, ella deba de ser probada en forma frecuente, de acuerdo a las instrucciones.
2. Los papeles para medir K, se deterioran con el tiempo. Ellos deben de mantenerse en un lugar frío, nuevos papeles deberán de ser obtenidos cada tres meses.
3. Las plantas que hayan sido dañadas, por cualesquiera razones, proporcionarán resultados desorientadores.
4. La época de muestreo y el tejido a ser usado en la prueba es muy importante.
5. Debido a todas estas condiciones, un curso de entrenamiento para hacer las determinaciones y la interpretación es casi esencial.

Las pruebas de tejido, no han sido usadas en forma amplia, debido a que la mayoría de las personas prefieren enviar su muestra de plantas, lo mismo que su muestra de suelos, a un laboratorio, en lugar de desarrollar la habilidad necesaria para hacer las pruebas, e interpretar sus resultados. Sin embargo, si la prueba de tejido, es usada en forma adecuada, ella encaja muy bien con los análisis de suelos y plantas, como una herramienta de diagnóstico importante.

## R E S U M E N

Los factores que afectan la absorción de nutrientes, son numerosos. El análisis de planta o la prueba de tejidos, indican lo que la planta fué capaz de absorber desde el suelo, o de las aplicaciones foliares. Las variaciones que se presentan de un campo al otro, o entre años, en un mismo campo, son muchas veces difíciles de interpretar. de ahí que, un

punto clave, es su uso continuo y sistemático, para captar las tendencias a través de los años. Tanto el análisis de planta como las pruebas de tejido, deben de ser usadas junto con otras herramientas de diagnóstico. Por ejemplo, el análisis de suelo, el análisis de planta y la prueba de tejidos van mano a mano. Ninguno de ellos es un sustituto para el otro. Todos son herramientas de diagnóstico valiosas, de ahí que muchos agricultores y consejeros buenos, usan todas ellas. Para un uso efectivo del análisis de planta y prueba de tejidos, es muy importante tener una hoja informativa de las prácticas de manejo del pasado, lo mismo que es esencial, una interpretación muy cuidadosa de ellos, junto con la consciencia de que es fácil cometer errores.

La demanda para hacer análisis de planta continuará aumentando, en la medida que los agricultores sigan buscando obtener rendimientos más elevados, y más económicos. El desafío que se presenta, es determinar los niveles de nutrientes necesarios en la planta, para alcanzar rendimientos que produzcan los beneficios máximos, particularmente si se toma en consideración el hecho de que los rendimientos continuarán elevándose en los próximos años.