

EL DIAGNOSTICO DE PROBLEMAS EN FRIJOL
SU APLICACION A LOS PROBLEMAS DE FERTILIDAD DE SUELOS

6732(03)

Carlos A. Flor*

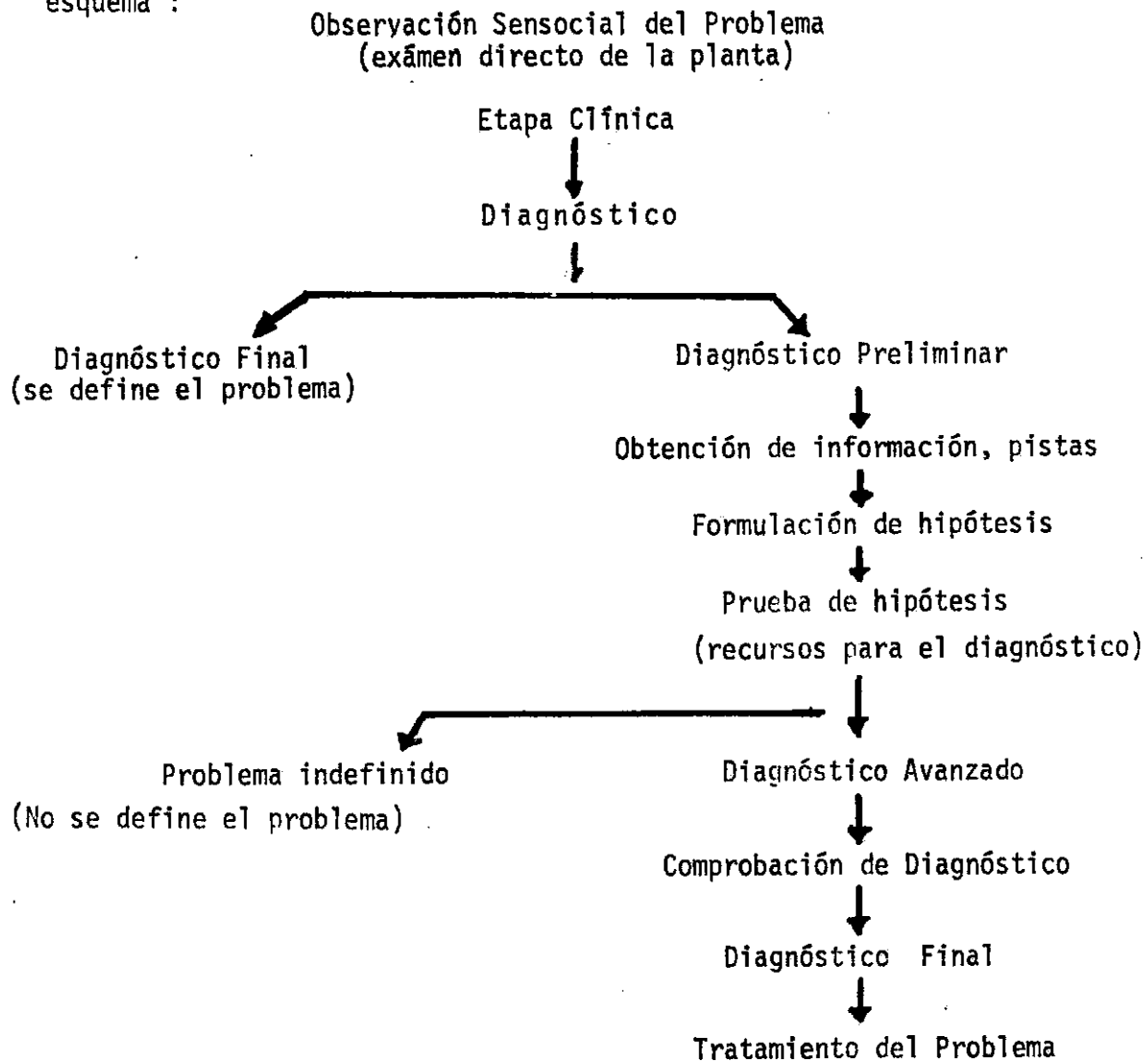
El diagnóstico es el proceso mediante el cual se da la definición de un problema y se determinan sus agentes causales primarios. Este proceso en muchas ocasiones es complicado y representa un verdadero reto para el investigador. Tanaka y Yoshida (13), indican que "diagnosticar un desorden nutricional en los vegetales es tan importante como difícil". Por eso generalmente se acepta que el diagnóstico o definición del problema, es la parte más complicada del trabajo de un investigador". Según Font- Quer (), el diagnóstico es "lo propio de la diagnosis o lo referente a la misma; es el conjunto de signos o síntomas que sirven para caracterizar una enfermedad". Diagnosis es "la acción de discernir, de juzgar". Patiño (), señala la etimología de la palabra : gnosis, conocer; dia, a través.

Las técnicas y proceso general del diagnóstico, son estudiados en la Etiología, disciplina que tiene por objetivo el conocer la naturaleza y clasificación de los agentes primarios causantes de enfermedades. Es importante señalar que predomina la tendencia a asociar el término "enfermedad" con los agentes primarios causales, hongos, virus y bacterias. Sin embargo, una conceptualización más amplia considera que también factores ambientales, como suelo, clima, pueden ser causantes de enfermedades. En otro sentido es muy frecuente asociar los términos "problema", "enfermedad", "disturbio", "desorden".

El diagnóstico es la fase inmediata a la "observación sensorial del problema"; según Muñoz (), el diagnóstico de una enfermedad debe ser el punto de partida y la base científica para la formulación de planes de control.

*/ Ing. Agr., M.S. Programa de Capacitación Científica- Frijol
Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT
Cali, Colombia, noviembre de 1981.

El papel del diagnóstico, dentro del esquema convencional de la metodología de la investigación científica puede apreciarse en el siguiente esquema :



El diagnóstico vegetal presenta algunas características especiales, en relación al diagnóstico en el caso de los animales:

1. En general, las estructuras (órganos, tejidos) vegetales son más sencillas que las estructuras animales.
2. Los animales exteriorizan en una forma más evidente los problemas que los afectan: aumento de temperatura, postración, sudores, diarreas, erizamiento.
3. También los animales manifiestan en forma más rápida el problema.

Además es rápida su reacción al tratamiento positivo del mismo.

4. Algunas manifestaciones del problema en los vegetales, como por ejemplo los síntomas, son de muy difícil interpretación.
5. Algunos de los órganos vegetales, por ejemplo las raíces, no son visibles y su exploración puede conducir a la muerte de la planta.
6. En el diagnóstico vegetal interesan las afecciones que comprometen a conjuntos de plantas, a poblaciones; el individuo generalmente no tiene significancia en fitopatología; en cambio en el diagnóstico humano y animal, el interés se centra básicamente en el individuo" Muñoz ().

Una clasificación muy reconocida para los "agentes causales primarios" de problemas en los vegetales, es la siguiente:

1. Patógeno; agentes vivos causantes de problemas como hongos, bacterias, protozoos, nemátodos, ácaros, insectos. Actúan en forma permanente, como causas del problema.
2. Vigógenos; Se consideran aquí "los virus" ("proteínas cristalizables autocatalíticas... estados intermedios entre la célula y la molécula..")
3. Fisiopatógenos o fisiopatos; agentes inanimados como exceso o deficiencia de nutrimentos, exceso o deficiencia de agua, acidez y salinidad excesivas. Los problemas causados por estos agentes, son denominados "desórdenes nutricionales" por varios autores.
Tanaka y Yoshida () indican que desorden nutricional es cualquier anomalía causada por una deficiencia de un elemento esencial, o una toxicidad causada por niveles altos de cualquier sustancia o ión en el suelo". También se incluyen aquí las toxicidades causadas por sustancias que se acumulan en suelos inundados para el caso del arroz como los sulfuros, ácidos orgánicos, CO₂, etc. Finalmente se incluyen aquí los "agentes polutantes", como los gases industriales.
4. Dañógenos; agentes vivos o inanimados que momentáneamente actúan sobre la planta, como ratones, herramientas e implementos agrícolas.
5. Teratógenos; anomalías de carácter genético, monstruos.

Barley et al (), clasifican las enfermedades en parásitas y no parásitas. En la última clase incluyen las "enfermedades nutricionales, las debidas a factores ambientales como viento, agua y condiciones físicas del suelo.

Dentro de los vegetales, por otra parte, también hay necesidad de precisar algunas situaciones especiales:

- . Hay plantas que tienen más problemas que otras.
- . Hay medios ambientes más favorables para ciertos problemas: en suelos ácidos, por ejemplo, toxicidades de Al, Mn, Fe.
- . Diferentes problemas pueden presentar síntomas similares. Es muy frecuente la confusión entre síntomas de desórdenes nutricionales y síntomas causados por virus.
- . Un mismo problema puede manifestarse en forma o grados diferentes. Esta situación muy frecuente refleja diferentes intensidades del problema y complica la caracterización visual del problema.
- . Diferentes variedades dentro de una especie, pueden tener diferente comportamiento ante un mismo problema. Igualmente hay que recordar que los requerimientos nutricionales de una especie son proporcionales al rendimiento, y varían según se trate de híbridos, líneas, variedades.
- . Hay síntomas primarios y secundarios: algunas veces los síntomas de un problema secundario, enmascaran los síntomas de un problema primario.
- . En los estados finales o muy graves, muchos problemas conducen a una sintomatología similar, generalmente necrosis.
- . Los desórdenes nutricionales pueden ser causados por los efectos combinados de a) antagonismo (la presencia de un ión disminuye la absorción de otro, evitando la posible toxicidad de este último); b) sinergismo (la presencia de un ión aumenta la absorción de otro). Todos los nutrimentos esenciales deben estar presentes en la planta, pero no todos los elementos presentes en ella son esenciales. Por el contrario, estos últimos por ejemplo mercurio, níquel, selenio, pueden ser causa de toxicidad. Para algunas plantas hay necesidad de considerar los llamados "nutrimentos funcionales": Si, Al, Na. (Barley et al,).

- . El suelo y sus propiedades químicas y físicas debe ser estudiado en forma integral. Problemas en propiedades físicas del suelo, pueden por ejemplo, afectar el movimiento del aire en el suelo, lo cual a la vez se refleja en dificultades en las reacciones de oxidación y posibilidad de algunas deficiencias.
- . Las plantas con deficiencias nutrimentales tienden a ser más susceptibles a la invasión de organismos patógenos, aunque aquellas plantas sanas y con una nutrición balanceada parecen ser más susceptibles a los virus (Barley, et al,).
- . Hay plantas más exigentes en ciertos nutrimentos: por lo tanto son más sensibles para mostrar deficiencias de este nutrimento: la alfalfa es exigente en boro; la coliflor en molibdeno.

El proceso de diagnóstico, por otra parte, requiere de una serie de ayudas y de técnicas, llamados corrientemente "recursos para el diagnóstico" y dentro de los cuales están:

- . La caracterización visual de síntomas.
- . Los análisis químicos de suelos y de plantas, con los correspondientes "niveles críticos"
- . La observación macroscópica y microscópica de la planta o parte de la planta afectada
- . El aislamiento de posibles patógenos y las pruebas de patogenicidad respectivas
- . La consulta bibliográfica
- . La experimentación
- . La observación de otras plantas y cultivos: plantas indicadoras.

Puede afirmarse que en general un proceso de diagnóstico requiere del uso de varios de los anteriores recursos. Veamos algunos comentarios más específicos sobre estos recursos:

- . La caracterización visual de síntomas

La experiencia adquirida en la caracterización visual de síntomas de deficiencias o toxicidades de nutrimentos, es un elemento de indudable

importancia para el diagnóstico. Debe tenerse cuidado con el peligro de definir problemas en base a los "síntomas típicos"*; el autor considera que este concepto tradicionalmente usado en fertilidad de suelos sólo es válido en casos muy específicos y por lo tanto debe ser usado con prudencia; sugiere como alternativa el uso de expresiones como "cuadro sintomológico", "síndroma", "síndrome", "cuadro de síntomas", expresiones que se refieren al complejo "síntomas y signos", con sus diferentes intensidades.

Tres categorías de síntomas son importantes de recordar:

- . Síntomas necróticos: muerte del protoplasma y los tejidos, Son de naturaleza "regresiva". Aquí figuran, el marchitamiento, la quemazón, el vaneamiento, la momificación.
- . Síntomas hiperplásicos: Excesiva multiplicación o sobrecrecimiento. Son de carácter "progresivo". Aquí figuran el gigantismo, el enrollamiento, los tumores, la fasciación.
- . Síntomas hipoplásicos: detención en la multiplicación, el crecimiento. Son de carácter "represivo": la roseta, el aborto, el enanismo.

Por otra parte también hay necesidad de considerar que no solamente hay "síntomas visibles", tales como algunos de los mencionados anteriormente.

También hay "síntomas citológicos (por ejemplo: Cloroplastos pequeños), "síntomas químicos" (por ejemplo: bajo contenido de Clorofila, bajo contenido de almidones). "síntomas metabólicos" (por ejemplo: reducción en la intensidad de la síntesis de proteínas).

Los análisis químicos de suelos y de plantas

En cuanto a los análisis químicos de suelos y de plantas, con fines de

*/ Típico (latín Typicus): lo propio, lo característico de algo; lo que incluye en sí la representación de otra cosa, siendo emblema o figura de ella. (Diccionario Real Academia, 1977).

diagnóstico, el uso de la técnica del "contraste" o comparación entre suelo problema y suelo normal, o entre plantas/órgano problema y planta/órgano normal, no sólo simplifica la interpretación pues la conduce a una sencilla comparación, sino que permite un uso más lógico de este curso, en comparación con la sólo interpretación del análisis del suelo problema o del tejido problema. Los análisis rutinarios de fertilidad no parecen ser los más apropiados para fines de diagnóstico. Lo recomendable es solicitar análisis para macronutrientes y micronutrientes, y en casos especiales incluir Al, Na, sales.

Según Guerrero (), el diagnóstico químico de la fertilidad del suelo requiere que el método químico de extracción de determinado nutriente obtenga verdaderamente la fracción que estará disponible al cultivo; además se requiere contar con niveles críticos confiables. Estos dos supuestos básicos del análisis, son el resultado de la investigación y de la calibración del análisis.

La Tabla 1 presenta la aproximación de niveles críticos de nutrientes en el suelo para frijol, conseguidos por CIAT. Esta información se presenta a nivel de simple referencia, pues lo deseable es que estos niveles críticos se obtengan o se ajusten a condiciones locales. Para fines de diagnóstico el análisis de suelo ha producido mejores resultados que el análisis de tejidos en cultivos como frijol. Sin embargo, y también a nivel informativo, se presenta la Tabla 2 como una aproximación a los niveles críticos de nutrimentos en hojas de frijol. También es importante interpretar correctamente las concentraciones de nutrientes en los tejidos y su relación con el crecimiento. Esta relación se muestra en la Figura 1 (Prevot y Ollagnier, citados por Benton Jones 2, Galiano 5). Otros investigadores como Homes, Recalde y Galiano , indican que bajo una nutrición normal, los contenidos de nutrientes en las hojas guardan un "equilibrio nutritivo". Este equilibrio ha sido obtenido a nivel de relaciones binarias, cuando se trata de dos nutrientes, o de relaciones ternarias si se trata de tres o de relaciones senarias si se trata de seis. También se habla de equilibrio nutritivo entre nutrientes aniónicos (N: P:S) y nutrientes catiónicos (K: Ca: Mg).

La Experimentación

La experimentación constituye posiblemente la técnica de diagnóstico más usada por los investigadores de suelos de América Latina. Existen básicamente dos tendencias:

I. Experimentación "unifactorial"

a) Aplicación de tratamientos al suelo, generalmente bajo el siguiente diseño, por ejemplo para el caso de un posible problema de deficiencia de micronutrientes:

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1. Tratamiento "completo" | 5. Tratamiento "completo- Mn" |
| 2. Tratamiento "completo -Zn" | 6. Tratamiento "completo- Cu" |
| 3. Tratamiento "completo -B" | 7. Tratamiento "completo- Mo" |
| 4. Tratamiento "completo -Fe" | 8. Testigo absoluto |

En algunos casos, por ejemplo suelos ácidos, para tener éxito con el plan anterior, se requiere de encalamiento previo. La Tabla 3 indica algunas fuentes y niveles que pueden ser usados para estos tratamientos al suelo.

b) Aplicación de tratamientos por vía foliar generalmente bajo el siguiente diseño:

- | | |
|---------|--------------|
| 1. + Zn | 5. + Mn |
| 2. + B | 6. + Mo |
| 3. + Fe | 7. + Testigo |
| 4. + Cu | |

Es muy importante en este caso tener en cuenta la velocidad de absorción de los nutrientes aplicados a las hojas. Lluvias posteriores a la aplicación lavan los productos aplicados y retardan o impiden el diagnóstico. Por ejemplo, la absorción de nitrógeno, magnesio, zinc y manganeso es mucho más rápida que la de fósforo, azufre o hierro. También hay que considerar la "movilidad" de los nutrientes: nitrógeno y potasio son muy móviles; boro, magnesio y calcio son "inmóviles". Las Tablas 4,5 del apéndice presentan información complementaria sobre estos puntos. También la Tabla 6 presenta una guía práctica para establecer hipótesis o diagnósticos prelimina-

res, relacionados con algunos nutrimentos y/o factores del suelo.

Las dos situaciones mencionadas en la experimentación "unifactorial" son meros ejemplos ilustrativos de un sinúmero de posibilidades, que dependen de la habilidad de la persona que está orientando el proceso o ruta del diagnóstico.

II. Experimentación "multifactorial"

Generalmente se utiliza cuando ya se posee alguna información sobre el posible efecto de dos o más nutrimentos y/o sus interacciones.

La observación de otras plantas y cultivos: plantas indicadoras.

La observación de otras plantas como malezas y cultivos vecinos al sitio en donde está el problema cuyo diagnóstico interesa, es un recurso valioso pero muy poco usado; algunas plantas son especialmente sensibles a bajas cantidades de un nutrimento particular en el suelo y muestran los síntomas de su deficiencia más fácilmente que otras plantas. Chapman, citado por Barley da los siguientes ejemplos de plantas indicadoras:

<u>Nutrimento</u>	<u>Planta indicadora</u>
N	Coliflor, repollo
P	Maiz, lechuga, tomate
K	Papa, tabaco, banano, caña, yuca
Ca	Repollo, alfalfa
Mg	Papa, coliflor, maiz
S	Alfalfa, trébol
Fe	Papa, coliflor, cítricos
B	Girasol, remolacha, coliflor, repollo, alfalfa
Mn	Remolacha, manzano, cítricos
Zn	Cítricos, tomate, maiz
Cu	Naranja, limón, mandarina
Mo	Tomate, lechuga, espinaca

La observación macroscópica, esteroscópica y microscópica de la planta o parte de la planta afectada.

Una de las causas más frecuentes en los diagnósticos equivocados radica en la deficiente observación y exploración de la planta o cultivo afectado. Por otra parte existe un conocimiento pobre sobre los aspectos más generales de la morfología, la anatomía y la fisiología de las plantas que se cultivan. Una recomendación elemental, en el sentido de mejorar el conocimiento de las plantas en "estado normal", permitirá por diferencia conocer mejor "las manifestaciones de anomalías". También hay necesidad de conocer las diferentes etapas de desarrollo de un cultivo, pues muchas veces se altera el desarrollo fisiológico, produciéndose cambios o anomalías en la diferenciación de órganos, estructuras. En el caso del frijol por ejemplo, observaciones recientes en CIAT, indican que es posible el diagnóstico de ciertos problemas de suelos, cuando el cultivo crece en suelos extremadamente pobres, mediante la observación de síntomas en las hojas primarias, y cuando la planta apenas ha formado la primera hoja trifoliada. De esta manera, las hojas primarias se convierten en "hojas diagnóstico". Esta observación ha sido hecha para N, K, Mg.; su importancia radica en la posibilidad de una definición rápida del problema y el inmediato tratamiento del mismo.

De mucha utilidad para fines de diagnóstico de problemas en frijol son las publicaciones:

- . Problemas de producción de frijol: enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de Phaseolus vulgaris, Editado por H.F. Schwartz y G. Gálvez. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. 1980.
- . Problemas de campo en los cultivos de frijol en América Latina. Cardona C.; Flor, C.A.; Morales, F.; Pastor Corrales, M. Segunda edición, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. 1981.

El aislamiento del patógeno y las pruebas de patogenicidad respectivas.

Aunque el objetivo principal del tema que se está tratando se refiere al diagnóstico de los problemas de fertilidad de suelos, es necesario recordar todos los posibles agentes causantes de enfermedades. En el caso de hongos y bacterias, deben cumplirse los postulados de Koch:

1. El organismo o agente fitopatógono debe estar asociado con la enfermedad en todos los casos y a su vez la enfermedad no debe aparecer sin que el microorganismo esté o haya estado presente.
2. El organismo o agente fitopatógono debe ser aislado en cultivo puro, natural o artificialmente y deben estudiarse sus caracteres específicos.
3. Cuando en condiciones favorables la planta hospedante sana se inocula con el posible agente fitopatógono en cultivo puro, deben reproducirse los síntomas característicos de la enfermedad.
4. El agente fitopatógono debe ser reaislado del hospedante inoculado y debe mostrar las mismas características en cultivo puro que el que se aisló anteriormente.

La inducción-deducción del problema

Para finalizar es importante tener en cuenta que hay dos vías o rutas no excluyentes, que permiten orientar el proceso de diagnóstico:

- a) El diagnóstico por inducción, muy usado para el caso de fitotoxicidades.
- b) El diagnóstico por deducción, muy usado en fertilidad de suelos para el caso de deficiencias.

TABLA 1. Aproximación de niveles críticos de nutrimentos en el suelo para frijol (Howeler).

Determinación	Método	Nivel Crítico
pH	Suelo/agua = 1:1	5 y 8.1
Al	KCl, 1N	1 me/100 gr
Sat. Al	Al/Al +Ca+Mg+K+Na	10%
P	Bray I	11 ppm
	Bray II	15 ppm
	Olsen-EDTA	14 ppm
	Carolina Norte	13 ppm
K	Acetato de amonio 1N	0.15 me/100 gr
Mg	Acetato de amonio	2.0 me/100 gr
	Carolina-Norte	50 ppm
Ca	Acetato de amonio 1N	4.5 me/100 gr
Conductividad	Extracto saturación	0.8 mmhos/cm
Sat. Na	Acetato de amonio 1N	4%
B	Agua caliente	0.4 - 0.6 ppm
Zn	Carolina-Norte	0.8 ppm
Mn	Carolina-Norte	5 ppm
Cu*	$\text{NH}_4 \text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ (pH 4,8)	0.2 ppm
	0.5M- EDTA	0.7 ppm
Fe*	$\text{NH}_4 \text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ (pH 4,8)	2.0 ppm

*/ Cox F.R. and E.J. Kamprath. Micronutrient Soil Tests, in "Micronutrients in Agriculture". S.S.S.A., p. 313 (Nota: Niveles de Cu, Fe para varios cultivos).

TABLA 2. Aproximación de niveles críticos de nutrimentos en hojas de frijol

Nutrimento	Método	Parte de la planta	Nivel Crítico
Nitrógeno	Kjeldahl	Hojas superiores	5%
Fósforo	Digestión: $\text{HClO}_4 + \text{HNO}_3$ Determinación: Molibdato de Amonio	Hojas inferiores	0.35%
Potasio	Digestión: $\text{HClO}_4 + \text{HNO}_3$ Determinación: Absorción Atómica	Hojas superiores	2%
Calcio	Digestión: $\text{HClO}_4 + \text{HNO}_3$ Determinación: Absorción Atómica	Hojas superiores	1.44%
Magnesio	Digestión: $\text{HClO}_4 + \text{HNO}_3$ Determinación: Absorción Atómica	Hojas superiores	0.35-1.30%
Azufre	Digestión: $\text{HClO}_4 + \text{HNO}_3$ Determinación: Absorción Atómica	Hojas superiores	0.20-0.25%
Boro	Digestión: Calcinación Determinación: Curcumina	Hojas superiores	20-25ppm
Cobre	Digestión: $\text{HClO}_4 + \text{HNO}_3$ Determinación: Absorción Atómica	Hojas superiores	15-25ppm
Manganeso	Digestión: $\text{HClO}_4 + \text{HNO}_3$ Determinación: Absorción Atómica	Hojas superiores	75-250ppm
Zinc	Digestión: $\text{HClO}_4 + \text{HNO}_3$ Determinación: Absorción Atómica	Hojas superiores	15-20ppm

Información obtenida de los siguientes autores: Cox, F.E. y Kamprath;
 Chapman, H.D.; Fox, R.H.; Howeler, R.H., Flor, C.A. y González C; Hunter, A.H.;
 Stewart, B.A. y Porter, L.K.; Tisdale, S.L. y Nelson W.L.

TABLA 3. Fuente y cantidad de promedio de micronutrientes que pueden usarse en la fase de diagnóstico del problema (Aplicaciones al suelo).

Elemento	Fuente	% del elemento	Dosis media Kg/Ha Elemento
Cu	Sulfato de cobre, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	25	2
	Quelato de cobre, $\text{Na}_2\text{Cu EDTA}$	13	0.5
Mn	Sulfato Manganeseo $\text{MnSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	26	6
Zn	Sulfato de Zinc $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	35	5
	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	21	
	Oxido de Zinc ZnO		
B	Borax	$\text{Na}_2 \text{B}_4 \text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$	10
	Solubor	$\text{Na}_2 \text{B}_4 \text{O}_7 \cdot 5 \text{H}_2\text{O} +$	20
		$\text{Na}_2 \text{B}_{10} \text{O}_6 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$	
Mo	Molibdato de sodio	39	0.2
Fe	Quelato de hierro, NaFe EDTA	5-14	2
	Quelato de hierro, NaFe DTPA	10	

TABLA 4. Velocidad de absorción de nutrimento aplicados al follaje (Wittwer, 1964).

Nutrimento	Tiempo necesario para tener un 50% de absorción	
Nitrógeno (Urea)	0.5-2	Horas
Fósforo	5-10	días
Potasio	10-24	Horas
Calcio	10-94	Horas
Magnesio	10-24	Horas
Azufre	5-10	días
Cloro	1- 4	días
Hierro	10-20	días
Manganeso	1- 2	días
Molibdeno	10-20	días
Zinc	1- 2	días

TABLA 5. Movilidad de los nutrimentos aplicados a las hojas

Altamente Móviles	Móviles	Parcialmente Móviles	Inmóviles
Nitrógeno	Fósforo	Zinc	Boro
Potasio	Cloro	Cobre	Magnesio
Sodio	Azufre	Manganeso	Calcio
		Hierro	
		Molibdeno	
Nutrimento más móvil			
Nutrimento más inmóvil			

TABLA 5. Concentración promedio de varias fuentes de nutrimentos que pueden usarse en las fases de diagnóstico del problema o de comprobación del diagnóstico. Aplicaciones Foliare*.

Nutrimento	Fuente	Concentración %
N	Urea	0.5 - 1
K	K_2SO_4	1
Mg	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	1
Fe	Fe EDTA	0.5 - 1
B	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	0.2
B	So1ubor	0.1
Mn	$MnSO_4 \cdot H_2O$	0.5
Zn	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.5
Cu.	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0.3
Mo	$(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$	0.01

*/ El uso de agentes humectantes como Agral 60 favorece la eficiencia de la aspersión.

TABLA 6. Factores que afectan la disponibilidad de micronutrientos

FACTORES QUE PUEDEN CONTRIBUIR A LA DEFICIENCIA	DEFICIENCIA					
	Mn	Fe	B	Cu	Zn	Mo
Alto N		*		*		
Alto P		*		*	*	
Bajo K		*				
Alto Ca y/o (sobre encalamiento)		*	*	*		
Alto Mg					*	
Alto Mn		*		*		*
Alto Fe	*			*		
Alto Cu	*	*				*
Bajo Zn				*		
Alto Zn	*	*		*		
Bajo pH	*					*
Alto pH	*	*	*	*	*	
Alto S						*
Alto Na	*					
CaCO ₃ libre		*				
Baja materia orgánica		*	*	*		
Alta materia orgánica				*	*	
Drenaje natural malo	*					
Condiciones de se- quia.	*		*			
Baja temperatura, suelo húmedo.	*	*				
Suelo con mala airea- ción		*				
Suelos livianos color claro.	*		*	*	*	
Suelos alcalinos	*		*		*	
Alta intensidad lu- minosa			*			
Baja intensidad lu- minosa.	*					
Condiciones extremas de humedad.		*				

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. CIAT, 1973. Annual Report. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali. Colombia.
2. FLOR, C.A., R. HOWLER y C.A. GONZALEZ. 1975. Zinc y boro, dos microelementos limitativos para la producción de algunas cosechas en las regiones cálidas de Colombia. CIAT. 23 p.(mimeografiado).
3. GARAVITO, F. 1976. Propiedades del suelo en relación con deficiencias de boro en el Valle del Cauca. Universidad Nacional. Instituto Colombiano Agropecuario. Tesis Magister Scientiae. 86 p.
4. HOWLER, R., C.A. FLOR y C.A. GONZALEZ. 1976. Diagnosis and correction of boron deficiency in beans (Phaseolus vulgaris) and mungbeans (Vigna radiata) in a Mollisol from the Cauca Valley of Colombia. 33 p.
5. MALAVOLTA, E. 1976. Manual de química agrícola, nutrición de plantas e fertilidad de suelo. Editora agronomica Cores. Sao Paulo. 528 p.
6. MORTVREDT, J.J. 1978. Occurrence of micronutrients in rocks, soils, plants, and fertilizers. En "Suelos Ecuatoriales", memorias del V Coloquio de suelos: potasio y micronutrientes en la agricultura colombiana. Vol. IX, No.2, pp. 135-140.
7. SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, Inc. 1972. Micronutrientes in agriculture, Editorial Committee: J.J. Morvredt, P.M. Giordano, W.L. Lindsay. 666 pp.
8. SWANN, H. y J.E. MORA. 1975. Algunas alternativas de manejo para suelos con problemas de deficiencia de Boro en el Valle del Cauca. Universi-

- BLACK, C.A. Soil-plant relationships. Sec. ed. New York. John Wiley, 1968. 792 p.
- FORSYTHE, W. y DIAZ-ROMEU. La densidad aparente del suelo y la interpretación de análisis de laboratorio para el campo. Turrialba 19 (1): 128-131. 1969.
- GOMEZ, J.A. El nitrógeno en cultivos de climas cálidos. In Medina. H. ed. El uso del nitrógeno en el trópico. Bogotá. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 1972. pp. 241-276.
- _____. Aspectos generales acerca de las fuentes comunes de N, P y K para uso agrícola. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. 1976. 10p. En mimeógrafo.
- IGNATIEF, V. y PAGE, H.J. El uso de los fertilizantes. Roma. FAO. 1959. 379 p.
- MARIN, G.M. El uso eficiente del nitrógeno en Colombia, Bogotá, ICA, Programa Nacional de Suelos, 1974. 61 p. En mimeógrafo.
- _____, et al. El análisis de suelos y las recomendaciones de fertilizantes y cal. Tercera aproximación. Bogotá, ICA, Programa Nacional de Suelos, Bol. Tec. No.34. 1975. 26 p.
- TISDALE, L.S. y NELSON, W.L. Soil fertility and fertilizers. New York. Macmillan, 1967. 694 p.
- VOLSIN, A. Nuevas leyes científicas en la aplicación de los abonos Madrid, Tecnos, 1970. 150 p.
- FRIED, M y BROESHART. The soil-Plant System in relation to inorganic nutrition. New York. Academic Press, 1967 358 p.

dad Nacional, Palmira. Tesis 114 p.

9. STOLLER CHEMICAL COMPANY. Product manual and nutrient deficiency guide. Houston, Texas. 31 p.
10. TANAKA, A. and S. YOSHIDA. 1970. Nutritional disorders of the rice plant in Asia. Int. Rice Res. Inst. Tech. Bull 10.
11. TISDALE, L.S. and NELSON, W.L. 1967. Soil fertility and fertilizers. New York McMillan- p 694.

STOLLER CHEMICAL COMPANY
HOUSTON, TEXAS

APENDICE DE TABLAS

S u e l o	Densidad aparente gr/cm ³	Peso, Kg/ha 0-20 cm	Diferencia con la situación convencional
Suelo A	0.8	1.600.000 kg	- 400.000
Suelo B	1.3	2.600.000	+ 600.000
Suelo C	1.7	3.400.000	+ 1.400.000
Suelo D	1.9	3.800.000	+ 1.800.000
Situación Convencional	1.0	2.000.000	

TABLA 1. Diferencias entre los pesos reales de una hectárea de suelo (cuatro situaciones) y el peso convencional.

*/ La densidad aparente relaciona el peso seco del suelo con su volumen incluyendo los espacios porosos. Por lo tanto, considera el volumen de las partículas y el volumen ocupado por los poros; este volumen se llama "volumen aparente" (= volumen verdadero + porosidad); no es un valor que permanece constante en cada suelo. Sufre cambios según se altere la densidad aparente se tiene el de la parafina que consiste en envolver un terrón de suelo en parafina de densidad conocida. También se emplean cilindros de PVC de 7 cm de altura y de 6 cm de diámetro, que dan un volumen de 190.2 (González et al, citados por Legarda). En cambio la gravedad específica o densidad real o peso específico del suelo se refiere a la relación peso: volumen, cuando el volumen se refiere solamente a la parte sólida del suelo. Su valor está entre 2.5 y 2.6; con mucha materia orgánica baja.

APENDICE DE TABLAS

A n á l i s i s Químico	Cantidad de nutrimento/ha	
	Situación Convencional	Situación Real
	d. a = 1.0	d. a = 1.6
	2.000.000 kg/ha	3.200.000 kg/ha
Ca : 2.9 me/100 gr de suelo	1.160 kg	1.856 kg
Mg : 0.9 me/100 gr de suelo	216 kg	345 kg
K : 0.14 me/100 gr de suelo	109 kg	174 kg
P : 11 p.p.m.	22 kg	35 kg

TABLA 2. Contenidos reales y "convencionales" de varios nutrimentos en un suelo.

Densidad Aparente gr/cm ³	Peso, kg/ha 0-20 cm
0.5	1.000.000
0.6	1.200.000
0.7	1.400.000
0.8	1.600.000
0.9	1.800.000
1.0	2.000.000
1.1	2.200.000
1.2	2.400.000
1.3	2.600.000
1.4	2.800.000
1.5	3.000.000
1.6	3.200.000
1.7	3.400.000
1.8	3.600.000

TABLA 3. Peso en kg/ha de una hectárea de suelo profundidad 0-20 cm, a diferentes densidades aparentes.

Densidad aparente gr/cm ³	p.p.m. → Kg/ha Multiplicar por
0.5	1.0
0.6	1.2
0.7	1.4
0.8	1.6
0.9	1.8
1.0	2.0
1.1	2.2
1.2	2.4
1.3	2.6
1.4	2.8
1.5	3.0
1.6	3.2
1.7	3.4
1.8	3.6

TABLA 4. Factores de conversión de partes por millón (p.p.m) a kilogramos por hectárea (kg/ha), para varias densidades aparentes.

Densidad aparente gr/cm	me /100 gr →		Kg/ha Mg
	K	Ca	
	Multiplicar por		
0.5	390	200	120
0.6	468	240	144
0.7	546	280	168
0.8	624	320	192
0.9	702	360	216
1.0	780	400	240
1.1	858	440	264
1.2	936	480	288
1.3	1014	520	312
1.4	1092	560	336
1.5	1170	600	360
1.6	1248	640	384
1.7	1326	680	408
1.8	1404	720	432

TABLA 5. Factores de conversión de miliequivalentes por 100 gramos de suelo(me/100 gr) Kilogramos por hectárea (Kg/ha) para varias densidades aparentes.

Métodos de análisis y niveles críticos de micronutrientes en el suelo.

MICRO-ELEMENTO	METODO DE ANALISIS	NIVEL CRITICO p.p.m.
Fe	$\text{NH}_4 \text{ C}_2 \text{ H}_3 \text{ O}_2$ (pH 4.8)	2
	DTPA + Ca Cl_2 (pH 7.4)	2.5
Mn	0.05 N-HCl + 0.004N- $\text{H}_2 \text{ SO}_4$	5
	HIDROQUINONA + $\text{NH}_4 \text{ C}_2 \text{ H}_3 \text{ O}_2$	25
	AGUA	2
	0.1 N- $\text{H}_2 \text{ SO}_4$ + 0.004N- $\text{H}_2 \text{ PO}_4$	15
Cu	$\text{NH}_4 \text{ C}_2 \text{ H}_3 \text{ O}_2$ (pH 4.8)	0.2
	0.5 N-EDTA	6.7
	$(\text{NH}_4)_2 \text{ C}_2 \text{ O}_4$ (pH 4.8)	0.06
B	AGUA CALIENTE	0.2
	0.1 N-HCl	0.2
	DITHIZONA + $\text{NH}_4 \text{ C}_2 \text{ H}_3 \text{ O}_2$	0.3
Zn	EDTA + $(\text{NH}_4)_2 \text{ CO}_3$	1.4
	DTPA + Ca Cl_2 (pH 7.3)	0.5

Fuente : Soil Science Society of America, Inc. 1972, Micronutrients in Agriculture.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
COLOMBIA