

## CAPÍTULO 18

# Diagnóstico de problemas de fertilidad de suelos: Visión actual

Carlos A. Flor

### Contenido

	Página
Resumen	336
Abstract	337
Introducción	337
Aspectos básicos del diagnóstico	338
Definiciones	339
Causalidad	339
Planta y cultivo	341
Situaciones específicas	341
Respecto al suelo inundado	341
Respecto al genotipo de arroz	342
Respecto a los nutrientes	342
Respecto a los desórdenes nutricionales	343
Caracterización visual de los síntomas	344
Por deficiencia	344
Por toxicidad	345
Según el suelo	346
Referencias bibliográficas	347
Anexo: Guía para interpretar el análisis químico de suelos para el cultivo del arroz, en la que se sugieren tres rangos o niveles para ubicar los datos analíticos reales y tres texturas correspondientes	349

### Resumen

Se revisa y enfatiza la importancia de un '*diagnóstico acertado*' como fundamento de un '*tratamiento correcto*', tanto en la fertilidad del suelo como en otros problemas del cultivo de arroz. El diagnóstico de los desórdenes nutricionales del cultivo de arroz presenta aspectos relevantes y debilidades, tanto en el sistema de secano como en el sistema de riego e inundación del terreno. En este último, conviene hacer énfasis en que una situación de deficiencia o de toxicidad en las plantas, por causa de un nutriente, es afectada por las reacciones de reducción que experimentan los nutrientes en ausencia de oxígeno; estas reacciones son típicas de la química de los suelos inundados. Se describen y analizan las diversas etapas del diagnóstico: clínica, preliminar, avanzada y final, y se presenta una guía para caracterizar visualmente los síntomas de los desórdenes nutricionales. Al mismo tiempo, se sugiere construir cuadros de sintomatología que representen el mayor número posible

de estos desórdenes nutricionales, y que sirvan para sustituir la representación clásica del síntoma, la cual consiste, generalmente, en una hoja de arroz con una sola manifestación del desorden. Estos cuadros sintomatológicos podrán caracterizar deficiencias dobles y triples, así como la combinación de deficiencias y toxicidades.

## Abstract

### Diagnosis of soil fertility problems: Current vision

The importance of a 'correct diagnosis' of soil fertility and other problems faced by the rice crop as the basis of a 'correct treatment' is reviewed and highlighted. The diagnosis of nutritional disorders of rice crops indicates that there are common aspects and weaknesses in both upland and irrigated (flooded) crops. In the case of irrigated rice, any situation of nutrient deficiency or plant toxicity due to a given nutrient is affected by the reductive reactions that nutrients undergo in the absence of oxygen; these reactions are typical of the chemistry of flooded soils. The different stages of diagnosis—clinic, preliminary, advanced, and final—are described and analyzed. Guidelines are also provided for visually characterizing symptoms of nutritional disorders and it is suggested to prepare symptomatology tables that contain the highest number possible of nutritional disorders. These tables can be used to replace the classical representation of symptoms, which generally consists of one rice leaf with a single manifestation of the disorder, and to characterize double and triple deficiencies as well as combined deficiencies and toxic effects.

## Introducción

Los investigadores de la fertilidad del suelo se han orientado, principalmente, hacia la solución de problemas debidos al nitrógeno, al fósforo y a la acidez del suelo. Esta orientación refleja la importancia que tienen estos tres problemas para la producción de arroz o la prioridad que, de hecho, se les da. Pues bien, esta situación presenta puntos fuertes y débiles que se consideran enseguida.

Las soluciones dadas a esos problemas han permitido obtener un rendimiento muy alto y muy estable de este cultivo. Ahora bien, cuando estos problemas reciben el 'tratamiento correcto' apoyado en un 'diagnóstico acertado', han sido objeto de uno de los componentes más valiosos de la tecnología de avanzada (diagnóstico + tratamiento) de que dispone actualmente el cultivo de arroz. Un resultado de la correcta aplicación de esta tecnología ha sido, en Colombia, el

rendimiento experimental de dos variedades, Fedearroz 50 y Fedearroz 2000, que es del orden de 8800 kg/ha (Ordóñez, 2003).

Los éxitos antes mencionados contrastan con las debilidades que se perciben en el manejo de los nuevos genotipos y de las nuevas variedades en ambientes específicos. Hay, por ejemplo, deficiencias de micronutrientes y hace falta precisar 'niveles críticos puntuales' en los análisis de suelos; esta última información servirá de base a los técnicos para que puedan establecer una posible deficiencia o toxicidad de esos nutrientes. Es necesario, por tanto, intensificar el trabajo de conjunto entre los especialistas en suelos y en nutrición vegetal, de un lado, y los fitomejoradores, del otro.

Es urgente también proporcionar a técnicos y productores de arroz la información que requieran sobre el manejo de los desórdenes nutricionales más frecuentes, cuando éstos se presentan en forma

simultánea. Hay suficiente información para diagnosticar, por separado, las deficiencias de nitrógeno, fósforo, magnesio y zinc. Sin embargo, hay que intentar caracterizar, al menos, las *dobles deficiencias* más relevantes. Por ejemplo, explicar la forma en que se presenta, en el campo, la deficiencia doble de fósforo y zinc. La comprensión más realista de este problema requiere, en algunas zonas de producción de arroz, la consideración del complejo de deficiencias y toxicidades más importantes. Una de ellas es la toxicidad que causa el aluminio de los suelos ácidos en las plantas de arroz.

La caracterización visual de la fertilidad del suelo es una parte del diagnóstico que, aunque compleja, es interesante y merece ser explorada. Es la primera ayuda que tiene el investigador o el productor para tomar alguna decisión sobre la fertilización que requiera un proyecto de producción de arroz.

Los denominados ‘síntomas típicos’ del diagnóstico clásico, que se representan, generalmente, en las publicaciones agrícolas con la fotografía de una hoja, son todavía útiles, pero deben darle paso a las ayudas modernas de tipo electrónico o aun más avanzadas. Hay que tratar de aproximar los diferentes síntomas de la fertilidad del suelo, sean éstos de naturaleza morfológica, fisiológica, bioquímica o genética. Esto significa que es preciso *integrar* los síntomas morfológicos visibles de la fertilidad (como la clorosis o el enanismo) con sus manifestaciones de naturaleza química (una disminución del contenido de azúcares) y con las expresiones de naturaleza fisiológica (la desactivación de las reacciones de la fotosíntesis y, en consecuencia, la reducción de los fotosintatos).

Este conjunto de manifestaciones constituye el concepto moderno de *cuadro sintomatológico* o *síndrome* de la fertilidad

del suelo, el cual se presenta aquí como una alternativa al concepto clásico de ‘conjunto de síntomas típicos’. Se recomienda, por tanto, la elaboración de cuadros *fotográficos* de la sintomatología, que contengan el mayor número posible de síntomas visibles de los problemas de fertilidad.

El *análisis de tejidos* se reduce, casi siempre, a un ‘análisis de hojas’, que carece, generalmente, del nivel crítico necesario (y actualizado) para tomar decisiones de carácter correctivo. Rara vez podrían aplicarlo los técnicos agrícolas para decidir, en la práctica, un plan de fertilización relacionado con la producción de arroz o de otro cultivo. No obstante, el denominado ‘análisis de tejidos’ sirve para establecer, según las etapas de desarrollo del cultivo, los requerimientos nutricionales de las plantas, y para determinar la mejor ‘época’ de aplicación de algunos nutrientes.

Los investigadores deben apoyar a los técnicos y a los productores de arroz suministrándoles información mediante programas (‘software’) y archivos de computador, que les permitan simplificar la interpretación de los análisis químicos del suelo y las recomendaciones que ellos han solicitado o recibido.

## **Aspectos básicos del diagnóstico**

Se enfatiza en este capítulo la importancia de un ‘*diagnóstico acertado*’ como fundamento de un ‘*tratamiento correcto*’, tanto en la fertilidad del suelo como en otros problemas del cultivo de arroz. Por ejemplo, el diagnóstico de la deficiencia grave de zinc en algunos suelos del valle geográfico del río Cauca, en Colombia, y el tratamiento que se le dio marcaron la diferencia entre el fracaso y el éxito para los productores de arroz y de otros cultivos que aceptaron esas ayudas (Flor et al., 1975).

Los Oxisoles y los Ultisoles, tipos de suelo predominantes en los Llanos Orientales de Colombia, se han caracterizado por su extremada acidez y por su mineralogía dominada por la caolinita y por los óxidos e hidróxidos de hierro y de aluminio. Esta caracterización permite lograr excelentes diagnósticos de los problemas de fósforo y aluminio de estos suelos (Friesen et al., 1994).

## Definiciones

¿Qué es exactamente un diagnóstico? Etimológicamente, la palabra deriva de las raíces griegas 'gnosis' (conocimiento) y 'dia' (a través de). Según Font-Quer (1977), el diagnóstico "es el conjunto de signos o síntomas que sirven ['dia'] para caracterizar ['gnosis'] una enfermedad"; lo considera también, en su función adjetival, como algo propio de la diagnosis o que se refiere a ella.

Esta definición corresponde, principalmente, a la patología vegetal en sentido estricto. Un concepto más amplio del diagnóstico y de su aplicación debe incluir, como causa posible de los problemas agrícolas que enfrenta, los factores bióticos y abióticos relacionados con la producción del cultivo y las interacciones que se dan entre esos factores.

Se propone en este capítulo una definición más simple:

Diagnóstico es el proceso en que se intenta definir un problema mediante el conocimiento de los agentes primarios que lo causan (las causas), tanto bióticos como abióticos, y de las interacciones surgidas entre ellos.

En esta definición, el problema y sus causas son del ámbito agrícola.

Tanaka y Yoshida (1970) señalan que "el diagnóstico de un desorden nutricional en los

vegetales es tan importante como difícil". En realidad, el diagnóstico, como definición de un problema, es una de las acciones más complicadas del trabajo de un investigador. El *diagnóstico preventivo* de la fertilidad de un suelo, que implica muestreos del suelo correctos y oportunos, su análisis, la interpretación de los resultados de éste y las recomendaciones pertinentes, es el punto de partida de un proceso de producción agrícola exitoso y la condición indispensable para tomar decisiones acertadas sobre ese proceso productivo.

## Causalidad

La etiología (ciencia o tratado de las causas) estudia las técnicas empleadas en un diagnóstico y el proceso general que éste recorre. Uno de los objetivos de esta disciplina es conocer la naturaleza de los *agentes que causan* las 'enfermedades' o disfunciones, y las categorías en que ellos se clasifican. Existe todavía una tendencia, en el campo de la fitopatología, a asociar el concepto de 'enfermedad' con los agentes primarios que la causan, como los hongos, los virus o las bacterias; sin embargo, la concepción más amplia y cada vez más aceptada de la producción agrícola integral, antes mencionada, considera que los factores ambientales comunes, como el clima y el suelo, son causas importantes de los 'problemas' agrícolas. Una prueba clara de esta visión integral es que los pájaros, la poscosecha y el almacenamiento se consideran ya como causas de algunos problemas de la producción agrícola.

Un esquema del proceso de diagnóstico, enmarcado en la metodología convencional de la investigación agrícola, se presenta a continuación (Flor, 1985); es una visión general que puede aplicarse, en el campo, a los problemas de producción del arroz o de otros cultivos (Figura 1).

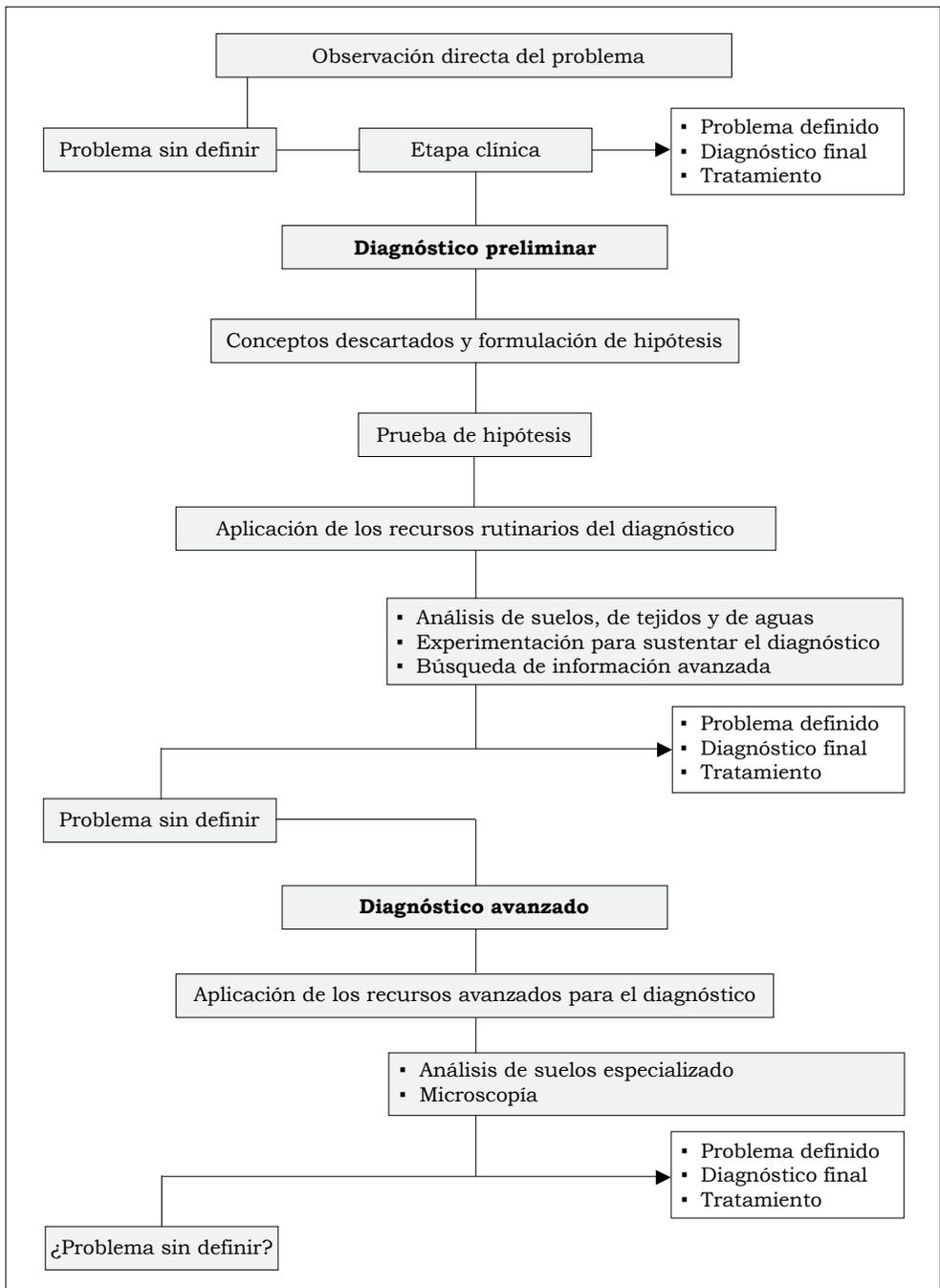


Figura 1. Diagrama que ilustra el proceso de diagnóstico de la fertilidad de un suelo.

## Planta y cultivo

En los cultivos anuales (como el arroz), donde la densidad de población es alta, tienen interés los problemas que afectan el conjunto de las plantas, o sea, el cultivo. La planta individual no tiene relevancia, excepto en algunos trabajos de invernadero. Lo contrario ocurre en los cultivos perennes, como los cítricos: el problema nutricional de un individuo es, sin duda, importante.

La deficiente observación de las plantas individuales y de todo el cultivo es causa frecuente de un diagnóstico equivocado sobre algún problema del cultivo de arroz. La buena observación depende del conocimiento que se tenga de aspectos básicos de la morfología y la fisiología de la planta de arroz. Una recomendación elemental es la siguiente: si se tiene un conocimiento adecuado del 'estado normal' de las plantas de arroz, se podrán detectar más fácilmente, por diferencia o por contraste, las manifestaciones o síntomas de 'anormalidad' de esas plantas, no sólo respecto a la fertilidad sino a otros factores.

## Situaciones específicas

Hay que considerar las siguientes situaciones del suelo y del cultivo que pueden influir en el diagnóstico de los problemas de fertilidad del cultivo de arroz:

### Respecto al suelo inundado

1. El arroz se cultiva en el sistema de *secano* o en el sistema con *riego* e inundación. Ahora bien, las propiedades químicas, físicas y biológicas de un suelo seco cambian significativamente cuando el agua lo inunda.
2. La problemática de un suelo cultivado con arroz en condiciones de riego e inundación es diferente de la

que presenta un suelo en que se cultiva arroz de secano:

- En el suelo inundado predominan, químicamente hablando, las reacciones de *reducción*, que se caracterizan por la ausencia de oxígeno (es mínima la cantidad de aire disuelto en ese suelo).
- La lámina de agua impide, además, el escape de *gases* y se acumulan, por tanto, el CO<sub>2</sub> y el NH<sub>3</sub>, entre otros.

3. Las reacciones de reducción química varían según las condiciones específicas del suelo:

"Cuando estas reacciones son muy fuertes, se agravan algunos desórdenes nutricionales, especialmente los relacionados con el exceso de hierro o de manganeso en el suelo, porque habría entonces una excesiva absorción de estos elementos" (Fryre, 1999).

4. Los principales cambios que ocurren en un suelo cultivado con arroz bajo el sistema con riego e inundación son los siguientes:

- Cambio en el pH.
- Disminución del potencial de reducción-oxidación (potencial redox).
- Aumento de la conductividad eléctrica.
- Incremento en la disponibilidad de hierro y de manganeso.

5. Cualquiera que sea el pH original del suelo, después de la inundación éste llega, aproximadamente en 3 semanas, a un valor situado entre 6.5 y 7.5.

- Estos valores se mantienen mientras dure la inundación.

6. El arroz cultivado en un suelo inundado responde de manera diferente al encalamiento y a la fertilización que en un suelo cultivado en condiciones de secano.

### Respecto al genotipo de arroz

7. El comportamiento de diferentes *genotipos* de arroz ante un mismo problema no es idéntico:
- “Los suelos de las sabanas latinoamericanas son, en su mayoría, muy ácidos y en ellos el complejo de intercambio del suelo se encuentra altamente saturado de aluminio (de 75% a 95% de saturación). El arroz no se desempeña bien en los suelos muy ácidos, y la toxicidad del aluminio fue un problema serio en el pasado. Ahora bien, los fitomejoradores del CIAT obtuvieron nuevos genotipos de arroz que toleran bien el aluminio; los mecanismos exactos de esa tolerancia no se conocen todavía” (Roy et al., 1997).
8. Cada genotipo de arroz tiene un requerimiento diferente, en términos cuantitativos, de los denominados nutrientes esenciales. Es decir, la cantidad (en kg/ha) de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y otros nutrientes que requiere cierto genotipo de arroz para expresar su máximo potencial de rendimiento es diferente del que requiere un genotipo distinto. Son muy conocidos los informes de Perdomo et al. (1983) y de Fernández et al. (1985) sobre estos requerimientos diferenciales.

9. Se ha aceptado comúnmente (Perdomo et al., 1983) que el orden en que la planta, dadas sus necesidades de crecimiento y desarrollo, extrae los nutrientes del suelo (y los absorbe por las raíces), es el siguiente:

$Si \rightarrow N \rightarrow K \rightarrow Ca \rightarrow P \rightarrow Mg \rightarrow S$   
(en  $SiO_2$ )

Si se tienen en cuenta las investigaciones recientes (ver numeral 10), este orden debería modificarse.

10. Se ha informado (Ordóñez, 2003) que el orden (o prioridad) de extracción de nutrientes para dos variedades colombianas (Fedearroz 50 y Fedearroz 2000) es el siguiente:

- Para Fedearroz 50:  
 $K \rightarrow N \rightarrow Ca \rightarrow Mg, S \rightarrow P \rightarrow$   
(igual)  
 $Zn \rightarrow B \rightarrow Cu$
- Para Fedearroz 2000:  
 $N \rightarrow K \rightarrow Ca \rightarrow P \rightarrow S \rightarrow Mg \rightarrow$   
 $B \rightarrow Zn \rightarrow Cu$

### Respecto a los nutrientes

11. El silicio es reconocido como un macronutriente del arroz (Winslow, 1993).
12. Se ha informado (Malavolta, 1976) que los nutrientes que necesita el arroz para crecer y desarrollarse (requerimientos nutricionales) y la cantidad requerida, en promedio, de cada uno son los siguientes:

Para recolectar		Requerimiento nutricional (kg/ha)					
Producto	Cantidad (t/ha)	N	P	K	Ca	Mg	S
Grano	4	20	13	9	3	3	11
Paja	40	100	8	70	30	30	–
Total	44	120	21	79	33	33	11

13. Otros investigadores (Romero et al., 1991; Castilla, 2001) consideran que la producción de 1 tonelada de arroz en los trópicos necesita las siguientes cantidades de nutrientes esenciales (en kg/ha):

Nutriente requerido	Cantidad
Nitrógeno	18 a 27
Fósforo	4 a 5
Potasio	15 a 35
Calcio	3 a 8
Magnesio	3 a 4
Azufre	1.5 a 2

14. Se ha informado (Ordóñez, 2003) de los siguientes promedios de extracción de nutrientes del suelo (en kg/ha) para las variedades de arroz, Fedearroz 50 y Fedearroz 2000:

Nutriente extraído	Cantidad (kg/ha)
Nitrógeno	213
Fósforo	33 a 37
Potasio	186 a 281
Calcio	100
Magnesio	22 a 39
Azufre	26 a 39

Estas cantidades extraídas corresponden a un rendimiento experimental, en promedio, de 8 t/ha. Es interesante comparar estos datos con los que menciona Malavolta (1976) para un rendimiento de arroz de 4 t/ha (ver numeral 12).

15. Todos los nutrientes esenciales deben estar presentes y disponibles en el suelo para que las plantas, absorbiéndolos, puedan expresar su máximo potencial de rendimiento; ahora bien, no todos los elementos que identifica un análisis de tejido son esenciales.

## Respecto a los desórdenes nutricionales

16. Un desorden nutricional puede ser efecto de una de las dos relaciones siguientes entre los elementos nutritivos:

**Antagonismo.** Ocurre cuando la presencia de un ión de un nutriente (elemental o constituyendo un radical) reduce la absorción de un ión de otro nutriente.

**Sinergismo.** Ocurre cuando la presencia de un ión de un nutriente (elemental o como radical) aumenta la absorción de un ión de otro nutriente. Se han encontrado interacciones muy claras entre el calcio, el potasio y el magnesio en las condiciones del suelo de los Llanos Orientales de Colombia (Friesen et al., 1994).

17. En la capa de suelo denominada comúnmente 'horizonte A', la materia orgánica y los nutrientes se acumulan más que en otras capas o estratos. El zinc es uno de los micronutrientes esenciales que más se acumula en el horizonte A. Ahora bien, hay prácticas de preparación del suelo para el cultivo de arroz con riego, como la *nivelación*, que adelgazan esa capa o la remueven del todo; cuando así ocurre, es posible despojar el suelo de zinc, causando así una deficiencia del elemento en el cultivo.

Esta situación fue una experiencia real para el programa de mejoramiento genético del arroz, en el CIAT, cuando iniciaba sus investigaciones en el campo. El diagnóstico del problema y el tratamiento que se aplicó luego lograron superar la escasez de zinc en el terreno (Flor et al., 1975).

18. Un cultivo de arroz que padece de un desorden nutricional tiende a ser más susceptible a los organismos patógenos. Por ejemplo, el potasio en exceso establece un antagonismo con el nitrógeno, el boro y el manganeso, cuya absorción será deficiente; pues bien, habiendo escasez de estos últimos nutrientes, es más severo un ataque del hongo *Helminthosporium oryzae* (Castilla, 2001).
19. La movilidad de los nutrientes dentro de la planta es un aspecto del metabolismo vegetal que ayuda al diagnóstico de fertilidad:

**Muy móviles.** El potasio y el magnesio, por ejemplo, por lo cual sus síntomas de deficiencia aparecen en las hojas inferiores de la planta.

**Poco móviles.** El boro y el calcio, por ejemplo, y por eso sus síntomas de deficiencia aparecen en las hojas viejas y en las partes superiores de la planta.

Los nutrientes que son importantes en los procesos metabólicos, como el nitrógeno (constitutivo de las proteínas), el fósforo (componente del ácido nucleico) y el azufre (componente del aminoácido cistina), manifiestan su deficiencia con igual severidad, tanto en las partes superiores como en las inferiores de las plantas.

20. Los problemas que experimenta la planta (nutricionales, de sanidad) pueden clasificarse en primarios y secundarios. Ahora bien, los síntomas de un problema secundario pueden *enmascarar* los

de un problema primario. Por ejemplo, los síntomas de una enfermedad fungosa (secundario, accidental) pueden enmascarar los síntomas de un desorden nutricional (primario, funcional).

21. El diagnóstico de fertilidad del suelo basado en desórdenes nutricionales debe considerar también la posibilidad de una ‘situación específica’. Por ejemplo, el ‘anaranjamiento’ de las hojas del arroz fue diagnosticado acertadamente por Howeler (1985) en los cultivos de arroz de los Llanos Orientales de Colombia.

## Caracterización visual de los síntomas

### Por deficiencia

Blanco et al. (1992) presentan la siguiente guía visual de los síntomas que muestran las plantas cuando son deficientes en algún nutriente:

- **Nitrógeno**

“Las *plantas* con deficiencia de nitrógeno presentan un crecimiento retardado y un macollamiento reducido. Las *hojas* nuevas son más verdes, pero las *demás hojas* son angostas y cortas, de color verde pálido, y toman una posición erecta. Todo el *cultivo* puede adquirir un tono amarillento”.

- **Fósforo**

“Las *plantas* presentan una reducción del crecimiento y del macollamiento. Las *hojas jóvenes* toman un color verde oscuro, y son más erectas, cortas y angostas que las hojas normales. En algunas variedades de arroz, las *hojas más viejas* adquieren una coloración anaranjada o purpúrea”.

- **Potasio**  
“Las *plantas* presentan una reducción del crecimiento y del macollamiento. Las *hojas superiores* son cortas y de color verde oscuro. Las *hojas inferiores* toman un color verde amarillamiento entre las nervaduras, que empieza en el ápice y continúa gradualmente hacia la base. En la lámina foliar de estas hojas aparecen a veces *manchas necróticas*”.
- **Azufre**  
“Los síntomas de la deficiencia de este elemento son similares a los que causa la deficiencia de nitrógeno y diferenciarlos visualmente es casi imposible”.
- **Calcio**  
“En las *hojas superiores*, el punto de crecimiento se torna blanco y se enrolla. La planta se vuelve raquílica y los puntos de crecimiento mueren”.
- **Magnesio**  
“Cuando la deficiencia es moderada, la altura y el macollamiento de la *planta* se alteran levemente. Las *hojas* se vuelven onduladas y se doblan porque aumenta el ángulo que forman la lámina foliar y la vaina. En las *hojas inferiores* aparece una clorosis intervenal que se caracteriza por su tono anaranjado”.
- **Manganeso**  
“En las *plantas* se reduce el crecimiento, pero el macollamiento es normal. Las *hojas* exhiben un listado intervenal que empieza en el ápice y avanza hacia la base de la hoja; esta parte adquiere más tarde un color marrón oscuro y sus tejidos, finalmente, mueren (necrosis)”.
- **Zinc**  
“La deficiencia se manifiesta como blanqueamiento de la nervadura central de las *hojas*, especialmente en la base de las hojas emergentes. En las *hojas viejas* aparecen manchas de color

marrón, que se agrandan y se juntan. El macollamiento y el crecimiento de la *planta* se reducen. Si la deficiencia es severa, las plantas mueren”.

- **Cobre**  
“Las *hojas* toman un color verde azulino y sus tejidos mueren (necrosis) cerca del ápice; esta clorosis se desarrolla del ápice hacia la base de la hoja, avanzando a ambos lados de la nervadura central. Sigue luego la coloración marrón del ápice y la muerte de estos tejidos”.
- **Hierro**  
“Las *hojas* se tornan completamente cloróticas y blanquecinas, incluyendo la hoja bandera”.
- **Boro**  
“Las *plantas* tienden a perder peso, pérdida que se refleja en menos materia seca. En las *hojas* emergentes, las puntas se ponen blanquecinas. En los casos severos, los puntos de crecimiento se deforman, aunque sin afectar el macollamiento de la planta”.

### Por toxicidad

Blanco et al. (1992) describen los principales efectos tóxicos (síntomas) que el exceso de algunos elementos nutricionales puede causar en las plantas de arroz:

- **Hierro**  
**Toxicidad directa**  
“Pequeñas manchas de color marrón en las *hojas inferiores*; empiezan en el ápice de la hoja y luego toda la hoja se torna marrón. Cuando la toxicidad es severa, *todas las hojas* adquieren un color marrón púrpura y las inferiores mueren”.

El crecimiento de la *planta* se reduce y el número de macollas disminuye. El *sistema radical* se reduce y las raíces toman un color marrón oscuro”.

- **Hierro**

**Toxicidad indirecta o ‘anaranjamiento’**

“El color anaranjado de las hojas no indica exceso de hierro sino escasez de nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio, por la siguiente razón: las raíces se cubren de una capa de compuestos de hierro en su forma oxidada (Fe<sup>+3</sup>), la cual impide la absorción de los cuatro nutrimentos mencionados”.

“El *follaje* de las plantas se torna amarillento o anaranjado; el síntoma (denominado ‘amarillamiento’ o ‘anaranjamiento’) comienza en las hojas inferiores y se extiende a las superiores. En los casos graves, la mayoría de las hojas mueren”.

- **Boro**

“Las puntas de las *hojas más viejas* adquieren un color amarillento (amarillamiento), que se extiende a lo largo de sus márgenes. Aparecen luego grandes manchas elípticas de color marrón oscuro a lo largo de los

márgenes de las *hojas*. Éstas y otras partes de la planta afectadas se tornan de color marrón y se marchitan”.

- **Aluminio**

“Las *hojas* presentan manchas blancas o amarillas intervenales; en los casos severos, las hojas se secan y mueren. Las *raíces* son cortas y escasas”.

- **Manganeso**

“El crecimiento de la *planta* se reduce y, a veces, se altera el macollamiento. Las *hojas más viejas* presentan manchas de color marrón. Las puntas de las *hojas* se secan. En las *panículas*, el porcentaje de esterilidad es alto”.

### Según el suelo

Cheaney y Jennings (1975) indican que algunas *condiciones de los suelos* conducirían a la aparición de una deficiencia o una toxicidad causada por los elementos antes mencionados (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Condiciones de los suelos que pueden favorecer la deficiencia o la toxicidad debida a varios elementos nutricionales en las plantas de arroz.

Elemento	Condición para deficiencia	Condición para toxicidad
Nitrógeno	Poca materia orgánica en el suelo	
Fósforo	Acidez alta del suelo	
Potasio	Suelo arenoso	
Hierro	Suelo con pH alcalino (alto) o neutro (alrededor de 7.0): común en cultivos de secano	Anegamiento del suelo (causa fuerte acidez del suelo: pH ≤ 5)
Manganeso	Suelo arenoso y permeable: común en cultivos de secano	Mal drenaje del suelo; en cultivos de secano
Aluminio		Acidez alta del suelo; en cultivos de secano

## Referencias bibliográficas

- Blanco, F.; Rico, G.; Amaya, A. 1992. Nutrición mineral, suelos y manejo de la fertilización en el arroz sembrado en Venezuela. Unidad de capacitación en producción de arroz no. 4. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), Cali, Colombia. p. 21-25.
- Castilla, L.A. 2001. Fertilización y nutrición, factores clave en el cultivo del arroz. In: Arroz (Colombia) 50(434):1-12.
- Castilla, L.A.; Guzmán, M. 2002. Relación entre la nutrición y la presencia de enfermedades en la planta de arroz. Arroz (Colombia) 50(440):14-17.
- Cheaney, R.; Jennings, P. 1975. Problemas en cultivos de arroz en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 91 p.
- Fageria, N.K. 1980. Recomendacões para uso de fertilizantes fosfatados para cultura de arroz de sequeiro. Circular técnica no. 03. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) y Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Brasil. p. 69-76.
- Fageria, N.K.; Barbosa-Filho, M.; Pereira, N. 1994. Deficiências nutricionais na cultura do arroz: Identificação e correcto. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) y Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Brasil. p. 24-36.
- Fernández, F.; Vergara, B.S.; Yapit, N.; García, O. 1985. Crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz. In: Tascón, E.; García, E. (eds.). Arroz: Investigación y producción. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Cali, Colombia. p. 83-101.
- Flor, C.A. 1985. El diagnóstico de problemas en frijol. In: Tascón, E.; García, E. (eds.). Frijol: Investigación y producción. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Cali, Colombia. p. 385-399.
- Flor, C.A.; Cheaney, R.; Sánchez, P. 1974. O problema da deficiência do zinco no arroz. *Lavoura Arrozeira (Brasil)* 27(282):20-23.
- Flor, C.A.; Howeler, R.; González, C.A. 1975. Zinc y boro, dos micronutrientes limitativos para la producción de algunas cosechas en las regiones cálidas de Colombia. Documento CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 23 p.
- Font-Quer, P. 1977. Diccionario de Botánica. Labor, Barcelona. 1244 p.
- Friesen, D.K.; Sanz, J.I.; Molina, D.; Rivera, M. 1994. Crop nutrition requirements and input use efficiency in Llanos Oxisols under crop rotations. In: CIAT Annual report 1994; Tropical lowlands program. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 223-233.

- Fryre, A. 1999. Problemas del arroz bajo inundación en suelos con fuerte reducción química. *Revista Suelos Ecuatoriales (Colombia)* 29(1):39-44.
- Howeler, R.H. 1985. Anaranjamiento y toxicidad de hierro en arroz con riego en suelos ácidos. In: Tascón, E.; García, E. (eds.). *Arroz: Investigación y producción*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Cali, Colombia. p. 149-156.
- Malavolta, E. 1976. *Manual de química agrícola, nutrición de plantas y fertilidad del suelo*. Editora Agronómica Ceres, São Paulo, Brasil. 528 p.
- Medina, J.H.; Castilla, L.A. 2001. Análisis de suelos como aporte a la nutrición del arroz. *Revista Arroz (Colombia)* 50(433):12-14.
- Ordóñez, R. 2003. Extracción de nutrientes de las variedades Fedearroz 50 y Fedearroz 2000 en el piedemonte llanero. *Arroz (Colombia)* 51(447):12-13.
- Perdomo, M.A.; González, J.; Cadavid, Y.; García, E. 1983. Los macronutrientes en la nutrición de la planta de arroz. *Guía de estudio (Arregocés, O., ed.)*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 36 p.
- Romero, F.; Vizuete, P.; Paca, C.; Carranza, A. 1991. Uso eficiente de los fertilizantes en el cultivo del arroz en Ecuador. *Unidad de aprendizaje no. 4 (para capacitación en tecnología de producción de arroz)*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), INIAP, PROTECA y PNAR, Cali, Colombia. p. 27-32.
- Roy, C.; Sarkarung, S.; Zeigler, R.S. 1997. Comportamiento nutricional de algunas líneas de arroz de sabana en los suelos de las sabanas colombianas. In: Cuevas, F. (ed.). *Arroz en América Latina: Mejoramiento, manejo y comercialización*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e International Rice Research Institute (IRRI), Cali, Colombia. p. 274-275.
- Tanaka, A.; Yoshida, S. 1970. Nutritional disorders of the rice plant in Asia. *Technical Bulletin 10*. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Filipinas. p. 18-19.
- Winslow, M.D. 1993. Silicon: A new macronutrient deficiency in upland rice. *Documento de Trabajo no. 149*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 89 p.
- Winslow, M.D.; Okada, K.; Correa-Victoria, F. 1997. Silicon deficiency and the adaptation of tropical rice ecotypes. *Plant and Soil* 188(2): 239-248.

## Anexo

### Guía para interpretar el análisis químico de suelos para el cultivo del arroz, en la que se sugieren tres rangos o niveles para ubicar los datos analíticos reales y tres texturas correspondientes

#### A. Tabla de rangos analíticos

Parámetro o nutriente	Unidad	Nivel bajo	Nivel medio	Nivel alto
pH		6.0	6.0 – 6.5	6.5
Materia orgánica	%	1.5	1.5 – 3.0	3.0
Azufre	ppm	10	10 – 20	20
Fósforo	ppm	10	10 – 20	20
Calcio	cmol/kg	1	1 – 2	2
Magnesio	cmol/kg	0.5	0.5 – 1	1
Potasio	cmol/kg	0.2	0.2 – 0.4	0.4
Cobre	ppm	1.5	1.5 – 3.0	3.0
Hierro	ppm	15	15 – 30	30
Zinc	ppm	2	2 – 4	4
Manganeso	ppm	3	3 – 7	7
Boro	ppm	0.25	0.25 – 0.50	0.50
Textura		Liviana	Intermedia	Pesada

#### B. Métodos de análisis

Parámetro	Método
pH	Suelo:agua, 1:1
Materia orgánica	Walkley-Black
Fósforo	Bray II
Azufre	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>
Bases	Acetato de amonio 1N, pH 7.0
Elementos menores	DTPA (ácido dietilén-triamino-pentaacético), agente quelatador
Boro	Agua caliente

FUENTE: Medina y Castilla (2001).