

## [ ANÁLISIS MICRONUTRIENTES ]

# Manganeso: Deficiencia en plantas cultivadas y su corrección

**J. Novillo, M.I. Rico y  
J.M. Álvarez**

Dpto. Química y Análisis Agrícola,  
E.T.S.I. Agrónomos - E.U.I.T.  
Agrícola, Universidad Politécnica  
de Madrid

La deficiencia en Manganeso no por ser poco conocida no deja de ser importante en especies cultivadas y en la nutrición animal por la esencialidad propia del micronutriente. Su deficiencia se conoce bajo el nombre de enfermedades típicas de las especies afectadas.

*Las fotografías de este artículo están obtenidas del libro "Micronutrientes en agricultura" de André Loué*



**D**ebido a que el suelo es la principal fuente de aporte del micronutriente, sus características tienen una especial incidencia sobre la disponibilidad de manganeso para las plantas y, por ello, se ha utilizado el análisis del

mismo para intentar predecir posibles carencias en cultivos. Cuando aparecen síntomas de deficiencia en hoja, además de las determinaciones en suelos deberá realizarse un análisis químico en hoja para poder establecer la carencia y el nivel de la misma. Una vez detectada una deficiencia de manganeso, se procedería a la corrección de la misma mediante aplicación del corrector al suelo o si las condiciones no lo aconsejan, proceder a su aplicación por vía foliar.

El manganeso (Mn) es un elemento esencial para plantas, animales y humanos en la medida que interviene en las etapas vegetativas y reproductivas de su ciclo vital, su deficiencia sólo puede ser corregida con el aporte de dicho elemento y está directamente implicado en la nutrición de las mismas. Además, el manganeso es esencial a muy pequeñas concentraciones, es decir, a nivel de traza. Los elementos esenciales a nivel de traza son frecuentemente llamados micronutrientes (Alloway 1995).

## El manganeso en los animales

- Interviene en la activación de diferentes enzimas,
- Es esencial en la formación de los huesos y en la síntesis de los sulfatos orgánicos en cartílagos.
- Los síntomas de deficiencia menos específicos son el defecto de crecimiento y la cojera. El más típico es el defecto de aplomo. Según Lamand (1975), una nutrición deficiente de manganeso puede provocar la desaparición de la angulación de la pierna, malformaciones óseas e infecundidad tanto en

machos como en hembras.

- Estudios realizados en pollos han demostrado una relación entre la deficiencia en manganeso y las anomalías de los cartílagos (Scott, 1983). Raciones pobres en manganeso y ricas en calcio y en fósforo que limiten la absorción del manganeso pueden dar lugar a deformaciones óseas en pollos (Loué, 1988).
- Dosificaciones de 50 ppm de manganeso son frecuentes en los racionamientos animales (Périgaud, 1970).

Un aporte insuficiente de un micronutriente, como es el caso del manganeso, a un cultivo repercutirá en el crecimiento del mismo. Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre con la fertilización con macronutrientes (N, P, K), un aporte excesivo del micronutriente no sólo no garantizará alcanzar el máximo productivo del cultivo sino que se podría pasar de un estado de deficiencia a otro de toxicidad.

### Importancia del manganeso y sensibilidad de los cultivos

El manganeso interviene en las plantas como activador enzimático en reacciones involucradas en el metabolismo de ácidos orgánicos, del fósforo, del nitrógeno y de la síntesis de aminoácidos y proteínas. Este micronutriente junto con el hierro participa en la síntesis de clorofila y en la evolución del oxígeno fotosintético en los cloroplastos. En plantas superiores, actúa como activador de la reducción de nitritos e hidroxilamina a amonio (Adriano, 2001).

Todos los cultivos son susceptibles de sufrir deficiencia de manganeso, pero no todas las especies presentan la misma tolerancia a un aporte bajo del macronutriente. La deficiencia de manganeso son comunes en cereales, judías, maíz, patatas, remolacha azucarera y diferentes cultivos hortícolas y es conocida de diferente forma en función del cultivo afectado.

#### Como deficiencias de manganeso se conocen:

- El “moteado gris” de la avena
- La “enfermedad amarilla” de las espinacas
- El “moteado amarillo” de la remolacha azucarera”
- El “marsh spots” de los guisantes
- El “arrugado de las hojas” en el algodón
- La “necrosis veteada del tallo” en la patata
- El “veteado” de la caña de azúcar
- La “oreja de ratón” en el nogal
- El “acorchado” de la manzana, además de ser la deficiencia más frecuente en la soja (Adriano, 2001)

**Tabla 1:**

#### Sensibilidad relativa a la deficiencia de manganeso para diferentes cultivos\*

Sensibilidad alta			
Judías	Melocotonero	Soja	Cítricos
Nogal	Espinacas	Lechuga	Patata
Pasto del sudan	Avena	Rábano	Cebolla
Remolacha de mesa	Sorgo	Trigo	Guisantes
Rábano	Vid	Rosal	Manzano
Remolacha azucarera	Pepino		
Sensibilidad media			
Alfalfa	Apio	Menta	Cebada
Clavo	Brécol	Pepino	Col
Remolacha azucarera	Trébol	Maíz	Zanahoria
Tomate	Nabo	Coliflor	Chirivías
Arroz	Patata	Pastos	
Sensibilidad baja			
Espárrago	Arándano	Centeno	Algodón
Pastos	Maíz		

\* Dependiendo de las condiciones ambientales, culturales y variedad, la sensibilidad de ciertas especies puede variar: patata, pepino y remolacha azucarera, de alta a media; maíz y pastos, de media a baja.

En la **Tabla 1** se pueden apreciar las diferentes respuestas de los cultivos al aporte de manganeso (Loué, 1988; Martens and Westermann, 1991).

La susceptibilidad a sufrir deficiencia en manganeso es diferente para distintas variedades o genotipos de una misma especie como consecuencia de una diferente eficacia en la utilización de los bajos contenidos de manganeso disponible. Esta mayor eficiencia puede ser debida a: a) una mejor utilización o unos requerimientos funcionales menores de manganeso; b) una mejor redistribución interna del manganeso; c) un índice de absorción específica más rá-

Un aporte excesivo del micronutriente no sólo no garantizará alcanzar el máximo productivo del cultivo sino que se podría pasar de un estado de deficiencia a otro de toxicidad

pidar en suelos con bajo contenido en manganeso; d) una mejor geometría de la raíz; e) una mayor excreción de exudados radiculares capaces de movilizar manganeso insoluble.

### Clasificaciones del Mn presente en el suelo (Navarro y Navarro, 2000):

#### Manganeso soluble o activo

- El manganeso presente en la solución del suelo, como  $Mn^{2+}$ , que es el estado idóneo para su utilización por las plantas.
- El manganeso absorbido como  $Mn^{2+}$  por los coloides del suelo, esta forma es fácilmente intercambiable y está en equilibrio con el manganeso presente en la solución del suelo.
- Como manganeso  $Mn^{3+}$ , en forma de óxidos del tipo  $Mn_2O_3 \cdot nH_2O$  que al ser un compuesto muy inestable, se redu-

cirá fácilmente a  $Mn^{2+}$  en condiciones de pH del suelo cercano a la neutralidad.

#### Manganeso insoluble

- Manganeso como  $Mn^{2+}$  y/o  $Mn^{3+}$  en forma de óxidos del tipo  $Mn_3O_4$  que son poco activos y sólo reducibles a valores de pH cercanos a 2.
- Manganeso como  $Mn^{4+}$  en forma de óxido  $MnO_2$  que son prácticamente inertes a efectos de su disponibilidad por las plantas.

## Suelos deficientes en manganeso

El contenido total medio de manganeso (Mn) en la mayoría de los suelos de cultivo se encuentra entre 200 y 3000 ppm (Adriano, 2001). La cantidad disponible se encuentra muy influenciada por el pH y las condiciones de oxidación-reducción de los suelos. Los pH bajos y potenciales redox bajos favorecen las formas solubles. En la dinámica de este micronutriente también son importantes la materia orgánica y la actividad microbiana. En general, los suelos que presentan problemas de deficiencia de manganeso son suelos con un bajo contenido de manganeso biodisponible para la planta y en muchos casos, coincide con un bajo contenido de manganeso total.

La deficiencia de manganeso suele aparecer en suelos que poseen una o varias de las siguientes características, o cuando se modifican por manipulación o realización de diferentes prácticas en los mismos (Labanauskas, 1966):

- En suelos con pH por encima de 6,5 se favorece la oxidación del manganeso (II) a óxido de manganeso (IV) lo que limitará la solubilidad y movilidad del micronutriente y, por lo tanto, su disponibilidad para las plantas. En suelos muy ácidos, el manganeso se encuentra en forma de manganeso (II), soluble, y por lo tanto móvil por lo que puede perderse por lavado del perfil de suelo.
- Un encalado excesivo para neutralizar la acidez del suelo puede provocar deficiencia de manganeso. Esta circunstancia tiene una especial incidencia en suelos de textura gruesa (arenosos) con capacidad tamponante débil.
- El rastrojado de suelos orgánicos puede producir reacciones alcalinas en el suelo, sobretodo si previamente han sido encalados, que originen una deficiencia.
- Un riego no adecuado que de lugar a una alcalinización puede dar lugar a una deficiencia.
- La deficiencia en manganeso aparece con frecuencia en áreas donde se dan condiciones oxidación-reducción fluctuantes. El encharcado del suelo provoca la so-



Síntomas de deficiencia de manganeso en avena

En zonas en las que no existen precedentes de deficiencia en Mn, los síntomas pueden y suelen confundirse con los de otros nutrientes, como el magnesio, hierro o nitrógeno

lubilización de las distintas formas de manganeso, apareciendo el manganeso (II). Cuando se seca el suelo, el manganeso (II) se oxida pudiendo aparecer la deficiencia del micronutriente.

- Suelos con contenido en materia

orgánica comprendido entre el 5 y 7%, o en los que se haya realizado un aporte importante de la misma, pueden sufrir una disminución considerablemente del contenido de micronutriente disponible para las plantas.

La deficiencia de manganeso puede aparecer reiteradamente en ciertos cultivos sobre determinados tipos de suelos en extensas regiones geográficas o puede tener carácter local, confinada a pequeñas áreas o en parcelas aisladas en cultivos sanos. En zonas en las que no existen precedentes de deficiencia en manganeso, los síntomas pueden y suelen confundirse con los de otros nutrientes, como el magnesio, hierro o nitrógeno por lo que resulta necesario realizar un análisis del suelo y/o de la planta que permita identificar la carencia del micronutriente.

## Concentraciones críticas del micronutriente en el análisis del suelo

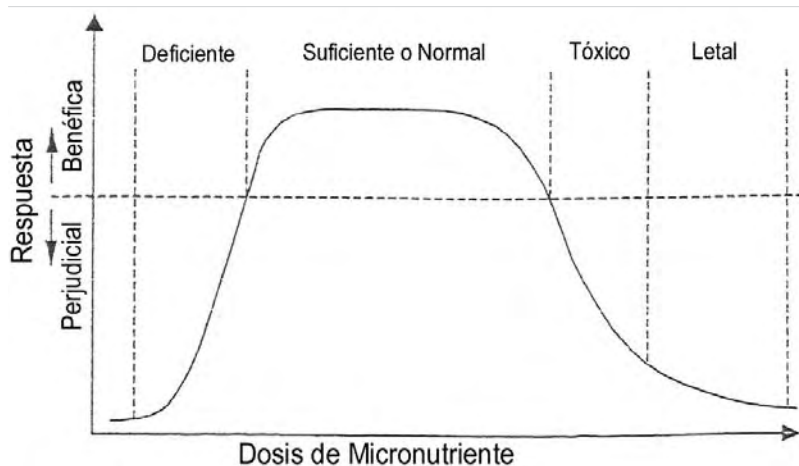
Como con el resto de los micronutrientes, actualmente, no existe un método universal que permita determinar el manganeso biodisponible que permita predecir con exactitud la respuesta de las plantas a este micronutriente. Del mismo modo, el contenido total de manganeso no es un indicador fiable para establecer el manganeso biodisponible. Los diferentes métodos utilizados dependen de las especies vegetales y de las propiedades de los suelos. Estos métodos consisten en extraer el manganeso utili-

### Tabla 2:

Reactivos utilizados para el análisis del manganeso disponible en el suelo. Concentraciones críticas expresadas en mg Mn/kg de suelo seco (Sims and Jonson, 1991).

Reactivo	Método	Concentración crítica
Ácido clorhídrico con ácido sulfúrico (0,05 M HCl + 0,0125 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Mehlich 1	5,0 a pH 6.0 10,0 a pH 7.0
Ácido acético, fluoruro de amonio, ácido nítrico, ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) y nitrato de amonio (0,2 M CH <sub>3</sub> COOH + 0,25 M NH <sub>4</sub> F + 0,013 M HNO <sub>3</sub> + 1 mM EDTA)	Mehlich 3	4,0 a pH 6.0 8,0 a pH 7.0
Acido dietilentriaminopentacético (DTPA), trietanolamina y cloruro de calcio (5mM DTPA + 0,1 M TEA + 0,01 M CaCl <sub>2</sub> , pH 7,3)	DTPA (DTPA – TEA)	1,0 - 5,0
Ácido clorhídrico (0,1 M HCl)	0,1 M HCl	1,0 - 4,0
Ácido fosfórico (0,1 N H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )	0,03 M N H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	10,0 - 20,0

**Figura 1:**  
**Respuesta de un cultivo a la dosis de micronutriente aportada**



zándose para ello diferentes reactivos químicos y pequeñas cantidades de suelo. Una vez extraído el micronutriente, se procedería a la medida del manganeso en el extracto mediante Espectroscopia Atómica.

Los reactivos químicos utilizados para estimar la deficiencia de manganeso en los suelos se pueden clasificar en: 1) agua y soluciones diluidas de sales neutras; 2) acetato amónico a pH 4,0 o pH 7,0; 3) ácidos diluidos, ácido doble y reactivo Mehlich-3; 4) disoluciones de agentes quelantes (EDTA y DTPA); y 5) análisis del manganeso total del suelo (Reisenauer, 1988).

En la **Tabla 2** se recogen algunos valores de concentraciones críticas de manganeso en función del método de estimación de manganeso biodisponible utilizado.

Entre los distintos métodos utilizados para la determinación del manganeso disponible para las plantas, el pH del suelo es la característica más utilizada para la selección de los mismos, así en suelos con pH comprendido entre 5,8 y 6,8, el método DTPA-TEA puede dar una buena medida del manganeso disponible mientras que para valores de pH inferiores a 4,8, la medida de manganeso soluble en agua puede ser el mejor indicador (Adriano, 2001).

### **Análisis de la planta: efectos de la deficiencia de manganeso**

La concentración de manganeso en la planta debe ser tal que satisfaga los requerimientos nutricionales,



*Trigo con carencia en manganeso*

mantenga sus funciones metabólicas y el crecimiento de la misma no se vea afectado, en caso contrario tendríamos la aparición de una deficiencia. En el caso de los micronutrientes, también hay que considerar el caso opuesto, es decir, cuando el contenido del mismo alcanza un nivel que resulta tóxico para la planta y se produce una disminución de la producción y de la calidad del cultivo. Si se representan las variables producción frente a la concentración de micronutriente en planta se obtiene la **Figura 1**.

En la curva se observan 3 zonas: 1) zona de deficiencia en la que la actividad biológica se incrementa con la concentración del micronutriente; 2) zona intermedia, normal o de suficiencia en la que las funciones bioló-

gicas son más o menos óptimas; 3) y la zona de toxicidad donde incrementos de la concentración del micronutriente inhibe funciones metabólicas e incluso, pudiendo a ser letal para el cultivo.

En general, cuando los síntomas de deficiencia de manganeso en plantas llegan a ser visibles ya se ha producido una disminución del crecimiento del cultivo y por tanto una merma considerable de la producción. En algunos casos, pueden aparecer estados fugaces de deficiencia de manganeso durante un periodo corto de tiempo en la época de crecimiento y en estos casos, el impacto de la deficiencia sobre la producción final puede ser pequeño (Hannam and Ohki, 1988).

**Los síntomas típicos de deficiencia en manganeso incluyen una clorosis intervenal, de amarillo a verde oliva, con venas de color verde oscuro. La deficiencia de manganeso se puede confundir con la deficiencia por magnesio sino fuese porque la deficiencia de manganeso aparece primero en las hojas más jóvenes mientras que en la deficiencia en magnesio son las hojas más viejas las que se ven afectadas. En trigo y cebada con frecuencia se manifiesta como manchas decoloradas. En maíz, la deficiencia se manifiesta mediante hojas de color verde claro y bandas paralelas amarillentas (Adriano, 2001).**

Las plantas deficientes en manganeso aparentan un crecimiento normal durante un corto periodo de tiempo hasta que aparece el primer síntoma que consiste en una pérdida de color en el tejido de la hoja más alejado de la vena. Las venas tienden a permanecer verdes dando a la hoja un aspecto abigarrado. En ocasiones, las hojas pueden llegar a ser completamente amarillas. En condiciones de deficiencia extrema, las hojas desarrollan manchas marrones además de la clorosis intervenal con la abscisión de hojas en desarrollo.

Los síntomas visuales por sí sólo son poco fiables a la hora de diagnosticar exactamente la deficiencia de manganeso, puesto que puede confundirse con los de deficiencias de otros nutrientes como Fe, Mg y S (Robson y Snowball, 1986). Por ello,

**Tabla 3:**  
**Principales compuestos inorgánicos y orgánicos usados como correctores de Manganese**

Compuestos	Formula	Cont. Mn (%)
<b>Compuestos inorgánicos</b>		
Oxido de manganeso (II)	MnO	41 a 68
Oxido de manganeso (IV)	MnO <sub>2</sub>	63
Sulfato de manganeso	MnSO <sub>4</sub> · 3H <sub>2</sub> O	26 a 28
Carbonato de manganeso	MnCO <sub>3</sub>	31
Cloruro de manganeso	MnCl <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	17
Nitrato de manganeso	MnNO <sub>3</sub>	15
Fritas de manganeso	-	10 a 25
<b>Compuestos orgánicos</b>		
EDTA de manganeso disódico	MnNa <sub>2</sub> EDTA	5 a 12
Lignosulfonato de manganeso	-	5 a 5,3
Gluconato de manganeso	MnC <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>7</sub>	5
Heptagluconato de manganeso	MnC <sub>7</sub> H <sub>12</sub> O <sub>7</sub>	5

Adriano, 2001; Loué, 1988.

se suele recurrir a la realización de un análisis de la planta ya que existe una estrecha relación entre crecimiento de las plantas, aporte o concentración de manganeso en el suelo y concentración del micronutriente en planta. El análisis de la planta ha sido usado con éxito para valorar deficiencias cuando se han comparado con los contenidos normales para mismas variedades o genotipos o mismas especies y mismos órganos y estado vegetativo de las plantas (Kabata-Pendias y Pendias, 1984). En este sentido, las hojas jóvenes son las que se analizan con más frecuencia debido a que son fisiológicamente más activas y se observa con más rapidez los cambios en concentración de manganeso como consecuencia de un aporte o toma del micronutriente.

Como referencia para la mayoría de los cultivos, en función del contenido en manganeso (en ppm de materia seca de hoja madura) se puede diagnosticar como: a) deficiencia cuando es menor de 20 ppm; b) suficiencia o normalidad si está comprendido entre 20 y 500 ppm; y c) toxicidad, cuando es mayor de 500 ppm.

### Correctores y dosis de manganeso a aplicar

Una vez diagnosticada la deficiencia de manganeso, se procedería a la corrección de la misma mediante el aporte de un fertilizante que contenga el micronutriente. Actualmente, se comercializan diferentes tipos de correctores de manganeso con concentraciones y formulaciones diferentes, lo que también plantea diferencias

tanto en el coste como en la efectividad de los mismos. En la **Tabla 3** se exponen algunos de los correctores de manganeso más frecuentes. Este tipo de correctores son abonos regulados mediante el Real Decreto 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes y mediante ORDEN APA/863/2008, de 25 de marzo.



*Clorosis intervenal causado por manganeso en Vid*

En los últimos años se están comercializando nuevos fertilizantes que contienen manganeso quelatado o complejo con diferente coste y efectividad. Entre los distintos agentes quelantes y complejantes regulados por la normativa, anteriormente citada, se encuentran: ácidos lignosulfónicos, ácidos glucónicos y ácidos heptagluconicos (autorizados como agentes complejantes, únicamente para aplicación foliar y/o fertirrigación), y EDTA, DTPA, EDDHA, HEEDTA, EDDHMA y EDDCHA utilizados tanto para aplicación al suelo, foliar y/o fertirrigación. Además, se comercializan otros compuestos o mezclas de algunos de los compuestos antes mencionados.

En cuanto a la forma de corrección de la deficiencia de manganeso, hay que considerar que ésta puede ser corregida mediante el aporte de correctores de carencias de manganeso al suelo, sólo o mezclados con macronutrientes o bien mediante aplicación foliar. Las cantidades de fertilizantes que se aplican dependen del tipo de suelo, del pH del suelo, de la forma de aplicación y del tipo de cultivo. Así, estas cantidades pueden variar de 7 kg de manganeso por hectárea para cultivos de sensibilidad baja a media en suelos minerales de pH comprendido entre 6,5 y 7,2 a cantidades de 45 kg de manganeso por hectárea para cultivos muy sensibles en suelos con alto contenido en materia orgánica y pH comprendido entre 7,3 y 8,5 (Adriano, 2001). Cuando la corrección se realiza en el suelo, el fertilizante de manganeso más comúnmente utilizando es el sulfato de manganeso ya que es muy soluble y tiene un coste menor que otros fertilizantes complejados o quelatados.

En suelos alcalinos, calizos y con un alto contenido en materia orgánica, en los que el manganeso aportado al suelo sufre una rápida inmovilización que merma considerablemente la eficacia del fertilizante, suele ser recomendable la aplicación foliar del micronutriente. En aplicaciones foliares, entre 2 y 4,5 kg de manganeso por hectárea podrían ser suficientes para la corrección de la deficiencia (Reuter *et al.*, 1988). En este tipo de aplicaciones, se suele utilizar MnNa<sub>2</sub>EDTA en lugar de MnSO<sub>4</sub> · 3H<sub>2</sub>O debido a que este último puede producir quemaduras en las hojas de algunas plantas, con la consiguiente reducción de rendimiento que esto conlleva (Randall y Schulte, 1971).

En cualquier caso, lo ideal sería conocer el contenido de micronutriente disponible en el suelo y en planta y añadir la cantidad de corrector de manganeso adecuada para llevar el cultivo a una situación de suficiencia o normalidad y no pasar de situación de deficiencia a condiciones de tóxicas.

### [Bibliografía]

Queda a disposición del lector en los siguientes correos electrónicos: [redaccion@editorialagricola.com](mailto:redaccion@editorialagricola.com) y [jesus.novillo@upm.es](mailto:jesus.novillo@upm.es) •