

# ANÁLISIS FOLIAR Y SU INTERPRETACIÓN

**Ing. Eloy Molina, M.Sc.**  
**Centro de Investigaciones Agronómicas**  
**Universidad de Costa Rica**  
**eamolina@cariari.ucr.ac.cr**

El análisis foliar es la técnica analítica mediante la cual se mide el contenido de nutrientes en los tejidos vegetales. Es útil para evaluar el estado nutricional de los cultivos y ayuda a establecer si el grado de absorción de algún nutriente ha sido adecuado. Cuando se buscan rendimientos altos, el análisis foliar es una excelente herramienta para controlar el estado nutricional de las plantas durante todo el ciclo de crecimiento.

Para saber si la planta ha recibido una nutrición adecuada, se comparan los niveles presentes en el tejido foliar, con los rangos de suficiencia publicados para esa especie. El análisis foliar es un buen instrumento para monitorear el estado nutricional de las plantas, y junto con el análisis de suelos, permite obtener información útil para planificar el programa de fertilización. El análisis foliar es también adecuado para comprobar el origen de anomalías causadas por deficiencias nutricionales o por exceso de fertilización o contaminación.

La interpretación del análisis foliar se basa en el establecimiento de rangos de suficiencia, de acuerdo con la figura 1, que se puede apreciar en la página siguiente.

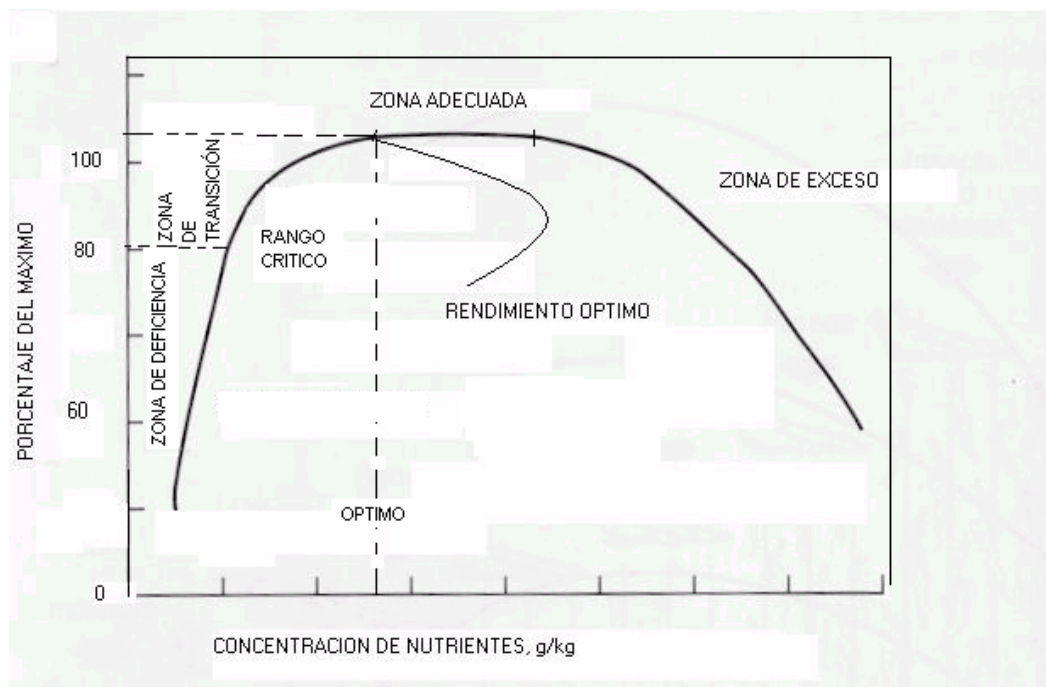


Figura 1. Representación esquemática de las relaciones entre el rendimiento relativo

La zona adecuada o rango normal es aquella en que la concentración de nutrientes es apropiada para su crecimiento, y por debajo del cual dicha concentración resulta inadecuada. El límite inferior se conoce como zona de deficiencia o rango crítico de deficiencia. El límite superior al rango adecuado es la zona de exceso o nivel de toxicidad, en el cual las plantas pueden disminuir su crecimiento por una concentración de toxicidad del elemento. El grado en el cual un nutriente se encuentra por encima o por debajo del rango aceptable determina la severidad de los síntomas de deficiencia o toxicidad.

## 1. Muestreo

El muestreo foliar es una de las etapas más importantes del análisis foliar porque interfiere directamente con el diagnóstico correcto del estado nutricional de la planta. Cada especie es fisiológicamente diferente y por lo tanto la selección del tejido indicador y del mejor momento de muestreo es diferente, además la acumulación de nutrientes y su distribución dentro de la planta varía. En términos generales, se debe muestrear una hoja recién madura que haya finalizado su crecimiento, ya que usualmente este órgano refleja mejor el estado nutricional de la planta porque hay una relación directa entre acumulación de materia seca y de nutrientes. Cuando se toma como muestra una hoja nueva, debido a su rápido crecimiento, puede haber una dilución del mismo (Malavolta 2001). Mientras que en una hoja vieja puede haber un efecto de concentración de nutriente al no tener crecimiento. Se han establecido las normas o parámetros de muestreo foliar para la mayoría de los cultivos, algunos de los cuales se resumen en el cuadro 1.

Debe evitarse muestrear hojas dañadas por enfermedades, insectos o mecánicamente, o plantas que han sido afectadas severamente por nemátodos, déficit hídrico, o exceso de humedad.

En ciertas circunstancias puede ser necesario tomar muestras de otras hojas que no corresponden con el patrón sugerido para el cultivo. Por ejemplo, para el diagnóstico de deficiencias de elementos inmóviles como el Ca y B, el análisis de una hoja nueva suministrará mejor información. Con elementos muy móviles como el N, K y Mg, es más fácil identificar un contenido de deficiencia en hojas viejas. Como patrón de comparación, es normal considerar la composición de hojas muestreadas en plantas de alta productividad contra plantas con problemas de crecimiento.

La composición de los órganos varía profundamente tanto con su edad como, en menor grado, con la edad de la planta. La época de muestreo está tipificada estrictamente para cada especie, y debe evitarse el muestreo durante la fase de desarrollo de los órganos ya que coincide con cambios importantes en su composición.

**Cuadro 1. Normas de muestreo para algunos cultivos y plantas ornamentales (Cadahía 2000, Howeler 1983, Mills y Jones 1996, Reed 1996, Reuter y Robinson 1986, .**

Cultivo	Epoca	Parte de planta	No. hojas/muestra
Arroz	Plántulas <30 cm Antes de floración	Toda la parte aérea Cuatro hojas superiores	50-100 25-50
Maíz	Plántula Inicio floración femenina	Toda la parte aérea Hoja opuesta a mazorca	20-30 15-25
Frijol y leguminosas	Plántula Antes o inicio floración	Toda la parte aérea Dos o tres hojas desarrolladas de parte superior	20-30 20-30
Sorgo	Antes o inicio de espiga	Segunda hoja de parte superior de planta	15-25
Caña de azúcar	4 meses de edad	Tercera o cuarta hoja desarrollada de parte superior	15-25
Pastos	Inicio de lluvias	Toda la parte aérea	30-40
Naranja y limón	Inicio de lluvias	Tercera o cuarta hoja en ramas sin frutos, de 4-7 meses de edad	25-30
Café	Antes o inicio de floración	Segundo par de hojas del tercio medio de planta	20-30
Banano	Antes de la parición del fruto	Parte media de tercera hoja sin incluir vena central	15-25
Palma aceitera	Palma joven Palma adulta	Foliolos de parte media hoja 9 Foliolos de parte media hoja 17	25-50
Mango	Inicio de lluvias o antes de floración	Hojas recientes maduras, 4-7 meses de edad	15-25
Aguacate	Inicio de lluvias o antes de floración	Hojas recientes maduras, 4-7 meses de edad	25-50

Piña	4-6 meses edad	Hoja "D", parte basal blanca, tercio medio para N	15-25
Macadamia	Inicio de lluvias o antes de floración	Hojas maduras de crecimiento nuevo	30-40
Papaya	Inicio de lluvias	Pecíolos de hoja más reciente completamente desarrollada	15-25
Fresa	Antes o durante floración	Hoja madura más reciente	25-30
Tomate	Antes o durante floración	Tercera o cuarta hoja de ramas o puntas en crecimiento	20-25
Chile	Antes o durante floración	Hoja madura más reciente	20-25
Coliflor y brócoli	Antes de la inflorescencia	Primera hoja madura de la parte media del tallo	10-20
Repollo	Inicio de cabeceo	Hoja más reciente completamente desarrollada	10-20
Melón y sandía	Quinta hoja del extremo hacia adentro	Desde inicio floración hasta inicio de cuaje	25-30
Pepino	Quinta hoja del extremo hacia abajo	Inicio de floración	25-30
Lechuga	Mitad de período crecimiento	Hoja madura más reciente	15-25
Cebolla	Desde un tercio hasta mitad del ciclo de crecimiento	Hoja superior completamente desarrollada	15-25
Papa	Antes de floración	Tercera a sexta hoja de ramas en crecimiento	20-30
Camote	Mitad de crecimiento	Hoja más reciente completamente desarrollada	
Rosa	Inicio de floración	Hojas superiores desarrolladas en el tallo floral	20-30
Crisantemo	Antes o en floración	Hojas superiores desarrolladas en el tallo floral	20-30
Clavel	Antes o en floración	Cuarto o quinto par de hojas desde base de planta	20-30
China	Antes o en floración	Hoja madura más joven	25-50
Gerbera	Antes o inicio floración	Hoja madura más joven	20-30
Orquídeas	Antes o inicio floración	Segunda hoja desde la punta de los brotes jóvenes	15-25
Anturios	Floración	Hoja ubicada inmediatamente debajo de la última flor cortada	15-25
Azalia	Floración	Hoja madura más joven	25-50
Geranio	Floración	Hoja madura más joven	25-30
Gladiolo	Cabeceo	Cuarta hoja completamente expandida	15-25
Ave del Paraíso	Floración	Hoja madura más joven de crecimiento nuevo	15-25
Alstroemeria	Prefloración	Hoja madura más joven de crecimiento nuevo	25-30
Aster	Antes de floración	Hoja madura más joven de crecimiento nuevo	25-50

Bromelia	Antes de floración	Hoja madura más joven de crecimiento nuevo	15-25
Begonia	Antes de floración	Hoja madura más joven de crecimiento nuevo	20-30
Gardenia	Inicio de floración	Hoja madura más joven de crecimiento nuevo	25-30
Hortensia	Antes de floración	Hoja madura más joven de crecimiento nuevo	15-25
Lila	Prefloración	Hoja madura más joven de crecimiento nuevo	25-30
Violeta	Floración	Hoja madura más joven de crecimiento nuevo	25-30
Aglonema	Planta madura	Hoja madura más joven de crecimiento nuevo	15-25
Croton	Planta madura	Hoja madura más joven de crecimiento nuevo	15-25
Cordyline	Planta madura	Hoja madura más joven de crecimiento nuevo	15-25
Caña india: Janet Craig, Warneckii, Massangeana	Planta madura	Hoja madura más joven de crecimiento nuevo	15-25
Pothos	Planta madura	Hoja madura más joven de crecimiento nuevo	15-25
Ficus	Planta madura	Hoja madura más joven de crecimiento nuevo	15-25
Heliconia	Planta madura	Foliolos de la parte media de hojas maduras recientes	15-25
Helecho hoja de cuero	Planta madura	Fronda madura más reciente	15-25
Ornamentales de follaje	Planta madura	Hoja madura más joven de crecimiento nuevo	15-25
Palmas ornamentales	Planta madura	Foliolos de la sección media de hojas maduras reciente	20-25
Árboles forestales	Planta madura	Hojas maduras de crecimiento reciente	15-25

## 2. Interpretación de resultados

Una vez que se obtienen los resultados del laboratorio, es necesario interpretarlos. La interpretación se realiza comparando los valores de análisis con tablas de rangos de suficiencia obtenidos para cada especie de planta. Estas tablas están organizadas para muchos cultivos en rangos que identifican categorías de deficiente, bajo suficiente o normal, alto y excesivo, mientras que en otros sólo se presentan contenidos mínimos y máximos, o niveles de suficiencia.

El análisis foliar debe ser relacionado también con base en el estado de crecimiento de la planta. En muchas ocasiones el contenido de uno o más de los nutrientes puede estar por debajo o muy por encima del nivel óptimo y la planta presentar un crecimiento adecuado. En plantas analizadas durante el período de llenado de frutos, granos o semillas es

normal que la concentración de algunos nutrientes en las hojas se reduzcan como consecuencia de la fuerte translocación de los minerales hacia los órganos reproductivos y del proceso natural de senescencia. También las relaciones entre nutrientes pueden alterar su concentración, por ejemplo por antagonismo. Un alto suministro de K en la fertilización puede disminuir la concentración de Ca y Mg en las hojas. Otros factores que pueden alterar el contenido nutricional son el ataque de plagas y enfermedades en el follaje y en la raíz, exceso o déficit de humedad en el suelo o sustrato, cosecha alta, condiciones extremas de temperatura, toxicidad por acidez o salinidad, etc.

Los resultados del análisis se expresan en unidades de % para los macronutrientes y elementos secundarios como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre; y en mg/kg o ppm para micronutrientes como hierro, cobre, zinc, manganeso, boro, molibdeno y cloro. En algunos laboratorios de otros países se ha estado utilizando recientemente la unidad g/kg en vez de %. En este caso los datos en g/kg se dividen entre 10 para pasar a %.

En los cuadros 2 y 3 se presentan los contenidos óptimos de nutrientes para algunos cultivos anuales, perennes, y ornamentales.

**Cuadro 2. Contenido óptimo de nutrientes en cultivos anuales y perennes.**

CULTIVO	%						mg/kg				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Arroz	2,5-4,0	0,1-0,2	1-2,5	0,15-0,3	0,15-0,3	0,15-0,25	6-25	70-300	20-600	15-50	5-25
Maíz	2,75-3,25	0,25-0,35	1,75-2,25	0,25-0,40	0,25-0,40	0,15-0,20	6-20	50-250	50-150	15-50	15-20
Caña de azúcar	2-2,6	0,22-0,30	1-1,6	0,2-0,45	0,15-0,32	0,15-0,3	4-8	50-100	15-100	15-30	4-8
Naranja	2,4-2,6	0,12-0,15	0,7-1,1	3-5,5	0,26-0,6	0,2-0,3	5-15	60-100	25-200	25-100	30-100
Café	2,3-2,8	0,12-0,20	1,7-2,7	1,1-1,7	0,2-0,35	0,2-0,3	6-12	75-275	50-150	15-30	60-100
Banano	2,5-4	0,2-0,4	3,0-5	0,5-1	0,25-0,8	0,2-0,8	6-25	75-300	100-1000	20-200	11-50
Palma aceitera	2,4-2,8	0,15-0,19	0,9-1,2	0,5-0,75	0,25-0,4	0,25-0,35	5-8	80-200	100-200	15-50	25-30
Mango	1-1,5	0,1-0,25	0,4-1,5	2,0-5,0	0,2-0,5	0,2-0,4	7-35	50-250	50-250	20-100	25-150
Aguacate	1,6-2	0,1-0,25	0,75-2,0	1,0-3,0	0,25-0,80	0,2-0,6	5-15	50-200	30-500	30-150	50-100
Piña	1,5-2,0	0,1-0,12	2,0-4,0	0,3-0,5	0,2-0,4	0,1-0,2	10-50	50-100	50-200	20-30	15-30
Macadamia	1,4-2,5	0,07-0,25	0,45-1,5	0,5-1,0	0,08-0,30	0,1-0,25	4-12	25-200	50-1500	15-25	25-100
Papaya	1,0-2,5	0,22-0,40	3,3-5,5	1,0-3,0	0,4-1,2	0,2-0,4	4-10	25-100	20-150	15-40	20-30
Fresa	2,0-4,0	0,2-0,45	1,1-2,5	0,6-2,5	0,25-0,7	0,15-0,3	6-20	50-250	30-350	20-50	25-60
Tomate	4,0-6,0	0,25-0,75	3,0-5,0	1,0-3,0	0,4-0,6	0,4-1,2	5-20	40-200	40-250	20-50	25-60
Chile	4,0-6,0	0,35-1,0	4,0-6,0	1,0-2,5	0,3-1,0	0,4-0,8	6-25	60-300	50-250	20-200	25-75
Coliflor	3,3-4,5	0,33-0,8	2,60-4,2	2,0-3,5	0,24-0,5	0,2-0,4	4-15	30-200	25-250	20-250	30-100
Repollo	3,0-4,0	0,4-0,7	4,5-7,5	1,9-6,0	0,2-0,7	0,4-0,8	5-25	40-300	25-200	20-200	25-100
Melón	4,5-5,5	0,3-0,8	4,0-5,0	2,3-3,0	0,35-0,8	0,25-1,0	8-30	50-300	50-250	20-200	25-60
Sandía	4,0-5,5	0,3-0,8	4,0-5,0	1,7-3,0	0,5-0,8	0,25-0,8	6-20	50-300	50-250	20-50	25-60
Pepino	4,5-6,0	0,34-1,25	3,9-5,0	1,4-3,5	0,3-1,0	0,4-0,7	7-20	50-300	50-300	25-100	25-60
Lechuga	4,7-5,5	0,5-1,0	7,5-9,0	2,0-3,0	0,5-0,8	0,25-0,8	8-25	50-100	15-250	25-250	25-50
Cebolla	2,5-3,5	0,25-0,4	2,5-5,0	1,5-3,5	0,3-0,5	0,2-0,4	5-20	50-300	50-250	20-50	25-60
Papa	4,0-6,0	0,2-0,5	4,0-10,0	0,6-1,0	0,5-1,5	0,2-0,36	7-20	50-150	30-450	20-250	25-50
Camote	3,3-4,5	0,23-0,5	3,1-4,5	0,7-1,2	0,35-1,0	0,2-0,5	4-10	40-100	40-250	20-50	25-75

**Cuadro 3. Contenido óptimo de nutrientes en plantas ornamentales Poole et al 1976.**

ESPECIE	%				
	N	P	K	Ca	Mg
<i>Adiantum raddianum</i>	1.5-2.5	0.40-0.80	2.0-3.0	0.2-0.3	0.2-0.4
<i>Aechmea fasciata</i>	1.5-2.0	0.40-0.70	1.5-2.5	0.5-1.0	0.4-0.8
<i>Aglaonema commutatum</i> "Franscher"	2.5-3.5	0.20-0.35	2.5-3.5	1.0-1.5	0.3-0.6
<i>Aphelandra squarrosa</i>	2.0-3.0	0.20-0.40	1.0-2.0	0.2-0.4	0.5-1.0
<i>Asparagus myriocladus</i>	1.5-2.5	0.30-0.50	2.0-3.0	0.1-0.3	0.1-0.3
<i>Brassaia actinophylla</i>	2.5-3.5	0.20-0.35	2.5-3.5	1.0-1.5	0.3-0.6
<i>Chamaedorea elegans</i>	2.5-3.0	0.20-0.30	1.0-2.0	0.4-1.0	0.3-0.4
<i>Chlorophytum comosum</i>	1.5-2.5	0.10-0.20	3.5-5.0	1.0-2.0	0.5-1.5
<i>Chrysalidocarpus lutescens</i>	1.5-2.5	0.10-0.20	1.0-2.0	1.0-1.5	0.3-0.6
<i>Coffea arabica</i>	2.5-3.5	0.15-0.25	2.0-3.0	0.5-1.0	0.3-0.5
<i>Dieffenbachia exotica</i>	2.5-3.5	0.20-0.35	3.0-4.5	1.0-1.5	0.3-0.8
<i>Dizygotheca elegantissima</i>	2.0-2.5	0.40-0.60	1.5-2.5	0.5-1.0	0.2-0.3
<i>Dracaena deremensis</i> "Janet Craig"	2.0-3.0	0.20-0.30	3.0-4.0	1.5-2.0	0.3-0.6
<i>Dracaena deremensis</i> "Warneckii"	2.5-3.5	0.15-0.30	3.0-4.5	1.0-2.0	0.5-1.0
<i>Dracaena fragans</i> "Massangeana"	2.0-3.0	0.15-0.25	1.0-2.0	1.0-2.0	0.5-1.0
<i>Dracaena sanderana</i>	2.5-3.5	0.20-0.30	2.0-3.0	1.5-2.5	0.3-0.6
<i>Dracaena surculosa</i>	1.5-2.5	0.20-0.30	1.0-2.0	1.0-1.5	0.3-0.5
<i>Epipremnum aureum</i>	2.5-3.5	0.20-0.35	3.0-4.5	1.0-1.5	0.3-0.6
<i>Ficus benjamina</i>	1.8-2.5	0.10-0.20	1.0-1.5	2.0-3.0	0.4-0.8
<i>Ficus elastica</i>	1.3-1.6	0.10-0.20	0.6-1.0	0.3-0.5	0.2-0.4
<i>Maranta leuconeura kerchoviana</i>	2.0-3.0	0.20-0.30	3.0-4.5	0.5-1.5	0.5-1.0
<i>Monstera deliciosa</i>	2.5-3.5	0.20-0.35	3.0-4.5	0.4-1.0	0.3-0.6
<i>Philodendron scandens oxycardium</i>	2.0-3.0	0.15-0.25	3.0-4.5	0.5-1.5	0.3-0.6
<i>Sansevieria trifasciata</i> "Laurentii"	1.7-3.0	0.15-0.30	2.0-3.0	1.0-1.5	0.3-0.6
<i>Stromanthe amabilis</i>	2.5-3.0	0.20-0.50	3.0-4.0	0.1-0.2	0.3-0.5
<i>Syngonium podophyllum</i>	2.5-3.5	0.20-0.30	3.0-4.5	0.4-1.0	0.3-0.6



### 3. Bibliografía

Bertsch, F. 1995. La Fertilidad de los suelos y su manejo. San José, Costa Rica, ACCS. 157 p.

Cadahia, C. 2000. Fertirrigación: cultivos hortícolas y ornamentales. 2° ed., Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España. 475 p.

Cadahía, C., Marota, J.J. 2000. Diagnóstico de nutrición y recomendaciones de abonado. In Fertirrigación: cultivos hortícolas y ornamentales, 2° ed. por C. Cadahía, Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España. p. 173-246.

Díaz-Romeu, R., Hunter, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 68p.

Dominguez, A. 1993. Fertirrigación. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 217 p.

García, A. 2001. Diagnóstico y control de la fertilidad en suelos afectados por sales y sodio.

In Fertilidad de suelos: diagnóstico y control, 2° ed. por F.S.Silva, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Colombia. p. 469-505.

Howeler, R.H. 1983. Análisis de tejido vegetal en el diagnóstico de problemas nutricionales: algunos cultivos tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 28 p.

Instituto de la Potasa y el Fosfato. 1997. Manual Internacional de la Fertilidad del Suelo. INPOFOS, Quito, Ecuador. sp.

Lorenz, O.; Maynard, D. 1988. Knott's Handbook for vegetable growers. 3° ed. John Wiley and Sons, New York. 456 p.

Lorenz, O., Tyler, K. 1983. Plant tissue analysis of vegetable crops. In Soil and Plant Tissue Testing in California, Vegetable Research and Information Center, University of California Bulletin 1879.

Kass, D. 1996. Fertilidad de Suelos. Editorial EUNED, San José, Costa Rica. 272 p.

Malavolta, E. 2001. Diagnóstico foliar. In Fertilidad de suelos: diagnóstico y control, 2° ed. por F.S. Silva, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Colombia. p. 57-98.

Mills, H. y Jones, J.B. Jr. 1996. Plant Analysis Handbook II. Micromacro Publishing, Athens, Georgia. 422 p.



Nelson, W.L. 1989. Plant and Tissue testing principles relating to identification of nutrient deficiencies. In *Detecting Mineral Nutrient Deficiencies in Tropical and Temperate Crops*, ed. por D.L. Plucknett y H.B. Sprague, Westview Press Inc, Colorado, USA. p. 23-40.

Poole, R.T., Conover, C.A., Joyner, J.N. 1976. Chemical composition of quality foliage tropical plants. *Proc. Flo. State Hort. Soc.* 89: 307-308.

Reed, D. 1996. *Aguas, sustratos y nutrición en cultivos de flores en invernadero*. Ball Publishing, Bogotá, Colombia. 311 p.

Reuter, D.J. y Robinson J.B. 1986. *Plant Analysis: an interpretation manual*. Inkata Press, Melbourne, Australia. 218 p.

Walworth J.L.; Sumner, M.E. 1988. Foliar diagnosis: a review. *Advances in Plant Nutrition*, vol. 3, ed. por B. Tinker y A. Lauchli, Praeger Press, New York. p. 193-241.

Winsor, G., Adams, P. 1987. *Diagnosis of mineral disorders in plants. Vol 3: Glashouse Crops*. Chemical Publishing, New York, USA: 168 p.