

Molibdeno.

Deficiencia de este elemento en

NV : AMASISA

NC : *Erythrina berteroana*

AUTOR O FUENTE: INFOJARDIN

DIAGNOSTICO:

Dibuje y Pinte



Síntomas

- Aunque es poco frecuente la carencia de Molibdeno, los síntomas son muy parecidos al Nitrógeno: una clorosis general, empezando por las hojas viejas. La planta de verde claro tira a amarillo.
- Puede mostrarse como deformaciones en las hojas nuevas (hojas enrolladas o en cuchara) o como clorosis entre nerviaciones en hojas intermedias o inferiores o como necrosis de bordes.
- Este elemento es insolubilizado en suelos ácidos, contrariamente a los otros Micro nutrientes que se encuentran bloqueados en medios alcalinos y calizos. Su solución es subir el pH para que se solubilice el Molibdeno bloqueado.

A. las hojas más jóvenes de las plantas y las yemas terminales se hallan afectadas. síntomas generalmente localizados.

a) La yema Terminal muere y aparecen distorsiones en el ápice o en la base de las hojas jóvenes.

1. Las hojas se enrollan típicamente y presentan clorosis y luego necrosis principalmente en el ápice y bordes de la lámina. Las yemas laterales permanecen dormantes.....

Calcio.

Deficiencia de este elemento en

NV: CAFÉ y tomate(*Lycopersicon sculentum*)

NC : *Coffea arabiga*

AUTOR O FUENTE INFOJARDIN

DIAGNOSTICO:

Dibuje y Pinte



Síntomas de deficiencia

- Aunque los síntomas varían entre especies, generalmente se observará necrosis de los ápices y de las puntas de hojas jóvenes además de algún tipo de deformación de las hojas, generalmente en gancho hacia abajo y, a menudo, clorosis en el nuevo crecimiento.
- Períodos de mucha o poca agua pueden afectar el contenido de Ca en la planta, que muestra la deficiencia de Ca en las zonas que lo necesitaron durante la carencia.
- Deformaciones de hojas: enrolladas, retorcidas, alargadas, curvadas, punta en gancho hacia abajo, hojas jóvenes con puntas pegadas
- Un exceso de Ca generalmente origina un aumento del pH que precipita muchos micronutrientes, creando carencias de los mismos.



Adicionales

- Hojas anormalmente verdes y Bordes amarillentos
- Hojas rasgadas
- No produce moteado
- Nuevo crecimiento reducido y Marchitamiento
- Fallo vascular en la base de la planta
- Estructura del tallo débil y Tallos muertos
- Abortan botones florales o se pudren sus puntas
- Raíces cortas con efecto "peine"
- Raíces negras y podridas
- Interfiere con la absorción de K y NH₄.
Puede contribuir a deficiencias de magnesio y boro



Interacciones

- El exceso de amoníaco produce deficiencia de calcio. El exceso de potasio contribuye a las deficiencias de nitrógeno, calcio, magnesio, zinc o hierro
- El exceso de Ca impide la absorción de K y de NH₄ también contribuir a deficiencias de magnesio y boro
- Los niveles elevados de magnesio suelen producir deficiencia de calcio
- El alto contenido de Ca, Mn, P, Cu o Zn dificulta la absorción de Fe
- Reduce la toxicidad de Al y Mn

2. Hojas retorcidas que presentan clorosis y luego necrosis principalmente en la base de la lamina hay gran brotación de yemas laterales.....

BORO.

Deficiencia de este elemento en

NV : FRESA

NC : *Prunus domestica*

AUTOR O FUENTE: ww.infoagro.com/frutas/frutas

INFOJARDIN

DIAGNOSTICO:

INFOJARDININFOJARDIN

Dibuje y Pinte



Síntomas

- El Boro se acusa en tejidos de crecimiento y provoca un crecimiento lento.
- Falta de desarrollo debidos a la depresión del punto de crecimiento, una clorosis de las hojas jóvenes, o a veces su enrojecimiento, y frecuentemente una alteración de los frutos, con necrosis internas.
- Aparición de brotación lateral a consecuencia de la muerte de los ápices. Apariencia general de achaparramiento.
- Casi todos los frutales son sensibles a las carencias de Boro, pero los Manzanos, más.

Causas

- En terrenos calizos es donde se ha de temer una deficiencia de Boro. También en suelos arenosos por el lavado de las lluvias.
- Las condiciones de sequía son igualmente favorables a la aparición de la carencia, la cual es muy intensa cuando a una primavera lluviosa le sigue un verano seco.



Solución

- La deficiencia de Boro está muy extendida, pero puede ser fácilmente corregida. Existen correctores de carencias con Boro.
- Otro producto es Bórax. Dosis: 5 gramos por 100 litros de agua y regar con ese agua abundantemente.
- El pH elevado bloquea el Boro aplicado como



sal (Borax) y son necesarias dosis muy altas para obtener el efecto deseado.

- Hay que tener especial cuidado en las aportaciones de Boro al suelo; un exceso de dicho oligoelemento puede resultar tóxico para las plantas. No se debe añadir, por tanto, Boro de forma sistemática sin asegurarse de antemano de que existe una carencia del mismo.

Síntomas de deficiencia del plátano(Musa paradisiaca)

- La deficiencia no es muy corriente. Aparece en las hojas más jóvenes.
- Los síntomas principales son hojas más gruesas y pequeñas, pero sin clorosis, y distancia internodal más corta. Ápices muertos; tallos, pedúnculos y pecíolos quebradizos.
- Las hojas pueden empezar de color verde oscuro y desarrollar después puntos cloróticos y necróticos. Aparición de brotación lateral a consecuencia de la muerte de los ápices. Apariencia general de achaparramiento. La deficiencia puede ser originada por una transpiración mermada.
- Puntas y bordes de hojas con manchas necróticas rojizas o anaranjadas que van uniéndose para formar necrosis de bordes (similar a cuando hay elevada concentración de sales). Las hojas inferiores son las primeras en verse afectadas. Generalmente originado por un pH demasiado bajo.



Adicionales:

- Hojas nuevas bronceadas, rojizas o quemadas; pequeñas y quebradizas.
- Moteado amarillento. Los capullos se caen, los frutos caen o no se desarrollan
- Tallos cortos y duros y las raíces achaparradas. Las raíces secundarias hinchadas. No arraigan las semillas
- Necrosis marrón-anaranjado en bordes de hojas viejas. Manchas en el envés de las hojas

Interacciones

- El exceso de Ca puede contribuir a deficiencias de magnesio y boro
- El exceso de fósforo puede contribuir a la deficiencia de micronutrientes

- a. La yema Terminal, por lo general, permanece viva, clorosis parcial o generalizada en las hojas, nervaduras verdes o cloróticas con zonas necroticas o sin ellas.

1. En el ápice de las hojas “blanqueadas “de modo permanente (blanqueado apical) pero el resto adquiere una coloración oscura. Exudaciones gomosas. Enrollamiento típico de yemas y hojas.

Clorosis poco aparentes. Puede haber muerte de la yema Terminal.....

COBRE.

Deficiencia de este elemento en

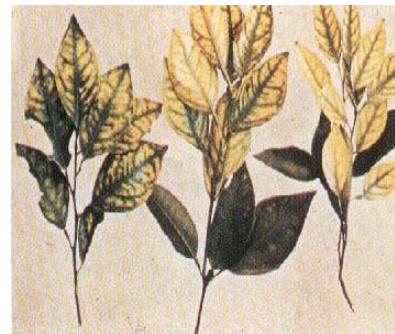
NV.

NC.....

AUTOR O FUENTE: INFOJARDIN

DIAGNOSTICO:

Dibuje y Pinte



Síntomas

- En hojas jóvenes se aprecian manchas cloróticas (amarillas) poco específicas. Aparecen primero en las hojas jóvenes y activas.
- La **tonalidad verde azulada de las hojas** constituye el principal síntoma de su carencia, aunque en los cítricos, se manifiesta por manchas y resquebrajado de corteza de frutos (se le llama Exantema).
- Los síntomas, aunque poco frecuentes, aparecen en las hojas nuevas en forma de deformaciones y suave clorosis entre nerviaciones, asemejándose a la deficiencia de zinc. Puede haber marchitamiento de puntas y bordes de las hojas jóvenes o en todo el brote nuevo.
- Es poco frecuente aunque puede tener su origen en el uso continuado de fungicidas basados en cobre. Suele mostrarse en las hojas intermedias o viejas en forma de clorosis de bordes, que luego deriva en necrosis.



Causas

- Las causas de su carencia son las mismas que las de otros Micronutrientes, el pH alto. Recuerda que LOS SUELOS CALIZOS

BLOQUEAN el Hierro (Fe), el Manganeseo (Mn), el Zinc (Zn) y el Cobre (Cu).

- Otra causa de la deficiencia de Cobre (Cu) son los terrenos muy lavados, básicamente suelos arenosos y pobres en fertilizantes.

Solución

- La aportación regular de cobre por medio de tratamientos fungicidas cúpricos, por ejemplo, Sulfato de Cobre en el Caldo Bordelés, Oxiclورو de cobre, etc., es suficiente para remediar esta deficiencia en todos aquellos lugares donde aparece. Las plantas consumen muy poco de este elemento.

Adicionales:

- Crecimiento nuevo reducido como también en roseta
- Hojas pequeñas o estrechas. Puntas necrosados. Necrosis del meristema apical. Puede darse con bajo pH mostrándose como síntomas de deficiencia de Fe. Puede ser tóxico incluso con bajos contenidos

Interacciones

- El defecto de cobre se agrava con alto contenido de nitrógeno. El exceso de fósforo puede contribuir a la deficiencia de micronutrientes
- El alto contenido de Ca, Mn, P, Cu o Zn dificulta la absorción de Fe

MAIZ (*Zea mays*)

- Una severa deficiencia de cobre aparecerá en las plantas jóvenes como un secamiento de las puntas de las hojas superiores y una torcedura y secamiento de las hojas más nuevas.

2. Clorosis intervenla, característica, nervios principales cloróticos mientras que pequeñas manchas necroticas esparcidas por toda la hoja.

.....

MANGANESO.

Deficiencia de este elemento en

NV : FREJOL

NC : **Phaseolus vulgaris**

AUTOR O FUENTE:INFOJARDIN

<http://hort.ifas.ufl.edu/nutdef/elemsci.HTM>

Dibuje y Pinte



DIAGNOSTICO:

Síntomas

- La carencia de Manganeso ofrece síntomas parecidos a los del Hierro: hojas jóvenes amarillas entre los nervios que permanecen verdes. Se puede diferenciar porque en este caso aparece una **aureola verde alrededor de los nervios**. Con carencias muy fuertes también amarillearán dichos nervios.

Causas

- Se debe generalmente a suelos con pH demasiado alto, suelos calizos.
- También es por suelos arenosos muy lavados.

Solución

- Es corriente considerar todas las clorosis como carencia de Hierro, y por eso las aplicaciones de quelatos de Hierro no son eficientes.
- Aplica quelatos de Manganeso al suelo o pulveriza sobre las hojas.
- Otro producto es el Sulfato de Manganeso, 3g por 100 litros de agua. Empapar el sustrato. O bien, un pulverizado foliar con Sulfato de Manganeso en dosis de 12 gramos por 100 litros de agua.
- En plantaciones frutales, se puede añadir sulfato de manganeso al suelo en dosis de 100-300 kg/ha., pero es más eficaz pulverizar el cultivo con una solución de este producto al 0,3-1%, en dosis de unos 500 l/ha, en abril-mayo, preferentemente en dos aplicaciones.

Síntomas de deficiencia del tomate (*Lycopersicon sculentum*)

- Los primeros síntomas recuerdan a los de la falta de hierro o de nitrógeno, es decir, se manifiestan en las hojas jóvenes en forma de clorosis entre las nerviaciones que, incluso las más pequeñas, permanecen verdes. Sin embargo, es menos probable que se origine una clorosis en toda la planta.
- En las situaciones más graves puede aparecer necrosis en las hojas jóvenes,



mientras los ápices permanecen vivos. La deficiencia se debe generalmente a un pH demasiado alto para la planta o al exceso de hierro.

- El exceso puede originar síntomas de deficiencia de hierro. Puede producirse un exceso por un pH demasiado bajo

Adicionales:

- Crecimiento reducido
- Hojas estrechas y enrolladas
- Pueden aparecer puntos necrosados entre las nerviaciones con áreas cloróticas a su alrededor. El tejido necrosado incluso llega a desprenderse dejando un agujero.
- En ocasiones las hojas más jóvenes pueden ser verdes mientras las anteriores están cloróticas, con lo que se produce un curioso efecto de damero.
- Floración de pequeño tamaño y manchas marrones en hojas
- Hojas medias e inferiores con puntos cloróticos que progresan volviéndose necróticos.



Interacciones

- El exceso de fósforo puede contribuir a la deficiencia de micronutrientes
- El alto contenido de Ca, Mn, P, Cu o Zn dificulta la absorción de Fe
- El exceso de hierro puede provocar deficiencia de manganeso
- La falta de manganeso dificulta la absorción de nitrógeno
- El Ca reduce la toxicidad de Al y Mn

3. Clorosis generalizadas, manteniéndose verdes las nervaduras. en deficiencias severas puede haber blanqueado total de hojas.....

HIERRO.

Deficiencia de este elemento en

NV : naranjo

NC : *Citrus aurantium*

Autor o

Fuente: <http://www.arbolesanos.com>

Dibuje y Pinte



DIAGNOSTICO:

Síntomas

- La clorosis férrica se manifiesta primero en las hojas jóvenes. Éstas, se ven amarillas menos los nervios que permanecen verdes. Más tarde, quedarán casi totalmente amarillas. También en las hojas viejas aparecen síntomas de amarilleo. Después las hojas se arrugan y caen.
- No es una clorosis uniforme. Por ejemplo, se puede ver en la misma planta ramas con clorosis bastante fuerte junto a otras ramas sanas.
- Hay especies vegetales más sensibles que otras a la falta de Hierro. Por ej., el Naranja lo acusa, pero el Olivo no tiene este problema. Sensibilidad a clorosis tienen Callistemon, Hibisco, Nandina, Camelia, Hortensia entre otras muchísimas plantas.

Causas

- Normalmente las carencias aparecen a causa de un bloqueo del Hierro en el suelo debido al pH.
- En los suelos calizos (es decir, que tienen mucha cal, pH alto) el Hierro está bastante insoluble, es decir como mineral (imagínate una piedrecilla por así decirlo), no disuelto en agua, y por tanto, no absorbible por las raíces.
- Por ello, en un suelo calizo, que casi siempre tendrá el pH mayor de 7,5, hay muchas posibilidades de que aparezca este problema.
- Una Azalea, una Hortensia, un Naranja, un Roble, etc. plantados en estos suelos alcalinos (pH mayor de 7.5) es probable que sufran la llamada clorosis férrica.
- Otra causa, aparte de los suelos alcalinos, es regar con aguas calcáreas, particularmente en macetas. El riego con aguas duras, termina alcalinizando el substrato y bloqueando el Hierro y otros micronutrientes.
- En frutales, a los 2-3 años de la plantación cuando la raíz llega a la capa caliza del subsuelo es cuando se muestran los síntomas.

Solución

Quelatos

- Cuando se produce esta carencia, la cura más eficaz es dar a la planta **quelatos de Hierro**, que es un fertilizante especialmente diseñado para estos casos. Los *quelatos de hierro*, o de otros Micronutrientes, se caracterizan por tener una estructura química que evita su insolubilización en el suelo, están como "protegidos" del bloqueo del pH alcalino.



- Hay quelatos por vía radicular y por vía foliar. Los vía foliar, es decir, pulverizándolo sobre las hojas (abonos líquidos) van bien, las hojas se vuelven verdes en 24 horas o pocos días. Respeta la dosis indicada para no provocar quemaduras.

- Los abonos foliares resultan muy interesantes para Micronutrientes (Hierro, Cobre, Manganeseo, Zinc, Boro, Molibdeno) porque la planta necesita pequeñas cantidades, pero no tanto para Macronutrientes (Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio, Calcio y Azufre) que sólo puede ser un complemento a las raíces.

- Una tercera opción son las inyecciones de tronco, pero es un método más profesional. Las inyecciones, aunque normalmente efectiva, resulta caras y únicamente aplicable a árboles de cierta edad. Visitar esta web para saber más:

Síntomas de deficiencia . Pereal (*Erythrina senegalensis*)

Clorosis de las hojas superiores pudiendo progresar hacia las nerviaciones más pequeñas mientras las mayores permanecen verdes; las hojas más jóvenes pueden quedar casi blancas. Aparición de necrosis de puntas y bordes de hojas en las situaciones más graves, aunque los ápices siguen vivos. La deficiencia se debe generalmente a un pH demasiado alto para la planta.



Aunque la tolerancia al exceso es muy amplia, puede provocar deficiencia de manganeso. El ligero exceso de hierro da un color verde oscuro a las hojas, incluídas las más jóvenes que ya no llegan a tener el clásico "verde primavera".

Adicionales:

- Síntomas similares a la falta de Mn
- Tallos delgados
- Frutos descoloridos
- Hojas medias e inferiores con puntos cloróticos que progresan volviéndose necróticos.



Interacciones

- El exceso de potasio contribuye a las deficiencias de hierro, nitrógeno, calcio, magnesio o zinc
- El exceso de fósforo puede contribuir a la deficiencia de micronutrientes El alto contenido de Ca, Mn, P, Cu o Zn dificulta la absorción de Fe
- Los bicarbonatos, carbonato cálcico, el exceso de nitratos y el pH elevado dificultan la absorción y asimilación del hierro
- El exceso de hierro puede provocar deficiencia de manganeso

4. Hojas jóvenes uniformemente verde pálido a amarillas, ápices encurvados hacia abajo. puede haber necrosis de ápice y bordes.....

AZUFRE.

Deficiencia de este elemento en

NV.

NC.....

AUTOR O

FUENTE.....

Dibuje y Pinte



DIAGNOSTICO.....

Síntomas

- La deficiencia es poco frecuente y se presenta como una clorosis general, con hojas más claras hacia la parte superior de la planta. Nerviaciones más claras que el resto.



- Los síntomas son muy semejantes a la carencia de Nitrógeno y es difícil saber si corresponde a uno u otro. Sería necesario un análisis foliar de laboratorio.

Los ápices permanecen vivos.

Adicionales:

- Crecimiento lento
- Raíces y tallos pequeños, duros y leñosos

NOTA: Para la aplicación de esta clave debe tenerse en cuenta, edad de las hojas ubicación de deficiencias en cada hoja, marginal internerval, apical, etc. Las deformaciones que causan en hojas, raíces, como en cortas de tallos.

Analice casos clásicos de enfermedades virosicas, bacteriales, fungosas, daños, causándoos por insectos o escaldaduras.

Libro **Botánica** OnLine

<http://www.forest.ula.ve/~rubenhg>

Nutrición Mineral de las Plantas

CONTENIDO

/ NUTRICIÓN MINERAL / CRITERIOS DE ESENCIALIDAD /

:

MACRONUTRIENTES

/ NITRÓGENO / CALCIO / POTASIO / AZUFRE / FÓSFORO / MAGNESIO / SILICIO

/ MICRONUTRIENTES (OLIGOELEMENTOS)/

OLIGOELEMENTOS ANIÓNICOS(B,Ci,Mo)

/ BORO / CLORO/ MOLIBDENO /

OLIGOELEMENTOS CATIONICOS (Zn,Fe,Cu,Mn,Ni, Na)

/ CINC / HIERRO / COBRE / MANGANESO / NÍQUEL / SODIO

/TOXICIDAD POR METALES / TOXICIDAD POR ALUMINIO / TOXICIDAD POR HIERRO /

/TOXICIDAD POR MANGANESO / TOXICIDAD POR MERCURIO / TOXICIDAD POR OTROS METALES/

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

1. Airmedien, P. 1988. La controversia del ozono. Mundo Científico. N° 79 442-454.

2. Babor, J.A, y J. Ibarz Aznarez. 1963. **Química General Moderna**. Marín, Barcelona. 1144 p.
3. Bornemisza, E. 1982. **Introducción a la Química de Suelos**. O.E.A., Washington. 74 p.
4. Brown, P.H., R.M. Welch y E. E. Cary. 1987. **Nickel: A micronutrient essential for higher plants**. *Plant Physiology*. 85: 801-803.
5. Buckman, H.O y N.C. Brady. 1977. **Naturaleza y Propiedades de los Suelos**. Montaner y Simón, S.A., Barcelona. 590 p.
6. Cabrera, G y H. Verde. 1989. **Cultivo casero del berro**. *Agronomía al día*. Año 2 N° 3: 18.
7. Chapman, H.D. 1955. **Diagnostic criteria for plants and soils**. University of California, Division of Agricultural Sciences, California. 793 p.
8. Clarkson, D.T. y J.B. Hanson. 1980. **The mineral nutrition of higher plants**. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 31:239-298.
9. Deysson, Guy. 1966. **Physiologie et Biologie des plantes vasculaires**. Premiere Partie: Nutrition et Metabolisme. SEDES, París. 289 p.
10. Eskew, D. L, R.M. Welch, and W. A. Norvell. 1984. **Nickel in higher plants. Further evidence for an essential role**. *Plant Physiol.* 76: 691-693.
11. Fassbender, H.W. y E. Bornemisza. 1987. **Química de Suelos**. I.I.C.A., Costa Rica. 420 p.
12. Foy, C.D.; R.L. Chaney y M.C. White. 1978. **The Physiology of Metal Toxicity in Plants**. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 29:511-556.
13. Gil Martínez, F. 1994. **Elemento de Fisiología Vegetal**. Mundi Prensa, Madrid. 1147 p.
14. Hernández-Gil, R. **Deficiencia de boro en una Plantación de Pinus radiata y Pinus oocarpa situada en el vergel-Mérida**. XXVIII Convención anual de ASOVAC, Maracay 12-17 de noviembre de 1978.
15. Hernández Gil, R. y C. Lombardo C. 1987. **Deficiencias de macronutrientes en Pinus caribaea var. Hondurensis Morelet**. Barr. y Golf. Facultad de Ciencias Forestales. ULA. Mérida. 109 p.
16. Hernández Gil, R. 1989. **Nutrición Mineral**. Facultad de Ciencias Forestales. ULA. Mérida 81p.
17. Heppler, P.K. y R.O. Wayne. 1985. **Calcium and plant development**. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 36:397-439.
18. Kramer, P. J. y T.T. Kozlowski. 1979. **Physiology of woody Plants**. Academic Press, New York. 81p.
19. Lambert, G. 1987. **El dióxido de carbono en la atmósfera**. *Mundo Científico*. N° 72: 848-857.
20. Larcher, W. 1995. **Physiological Plant Ecology**. Springer Verlag, Berlin. 506 p.
21. Levitt, J. 1974. **Introduction to plant physiology**. The C.V. Mosby Co., Saint Louis. 447 p.
22. Noggle, R.G. y G.J. Fritz. 1976. **Introductory Plant Physiology**. Prentice-Hall, New Jersey. 688 p.
23. Patra, M y A. Scharma. 2000. **Mercury toxicity in plants**. *The Botanical Review* 66(3):379-422. .
24. Price, C.A. 1970. **Molecular approaches to plant physiology**. Mc Graw-Hill, New York. 398 p.
25. Raven, H. y H. Curtis. 1975. **Biología Vegetal**. Ediciones Omega, S.A., Barcelona. 716 p.
26. Ruhland, N. 1958. **Encyclopedia of Plant Physiology**. Vol. IV. Mineral Nutrition of Plants. Springer Verlag, Berlin. 1210 p.
27. Rusell, E. W. 1973. **Soil Conditions and Plant Growth**. Longman, London. 849 p.
28. Salisbury, F.B. y C. W. Ross. 1992. **Plant Physiology**. Wadsworth Publishing. Co., California. 682 p.
29. Sillanpaa, M. 1972. **Los oligoelementos en los suelos y en la agricultura**. FAO, Roma. 71 p.
30. Sitte, P; M. Ziegler; F. Ehrendorfer y A. Bresinsky. 1994. **Tratado de botánica**. Omega, Barcelona 1068 p.
31. Smith, S.E. y V. Gianinazzi-Parson. 1988. **Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants**. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 39:201-244.
32. Steward, F.C. 1963. **Plant Physiology. Vol. III: Inorganic nutrition of plants**. Academic Press, New York. 811 p.
33. The New Encyclopaedia Britannica. 1980. **Encyclopaedia Britannica**, Inc., Chicago. 30 volúmenes.
34. Ting, I.P. 1982. **Plant Physiology**. Addison-Wesley, California. 642 p.
35. Trewavas, A.J. Ed. 1986. **Molecular and cellular aspects of calcium in plant development**. Plenum Press, New York. 452 p.
36. Turner, J. y M. Lambert. 1986. **Nutrition and Nutritional relationships of Pinus radiata**. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 17:325-350.
37. Walker, D. C, R. D. Graham, J. T. Madison, E. E. Cary, and R. M. Welch. 1985. **Effects of Ni deficiency on some nitrogen metabolites in cowpeas (Vigna unguiculata L. Walp)**. *Plant Physiol.* 79: 474-479.
38. White, A; P. Handler y E.L. Smith. 1959. **Principles of biochemistry**. Mc Graw Hill, New York. 1106 p.
39. Taiz, L. y E. Zeiger. 2002. *Plant Physiology*. Sinauer Associates, Inc., Massachusetts. 690 p.

Este es un Material didáctico elaborado por:

[Rubén Hernández Gil, PhD.](#)

Profesor de Fisiología Vegetal, Departamento de

Botánica, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

Universidad de Los Andes - Mérida - Venezuela

e-mail: rubenhg@ula.ve

**Copyright © 2001 - Version 2.0 - Reservados todos los derechos.
Revisado: .**

Sitio construido por: Argenis T. Valderrama

I. ESPACIO LIBRE APARENTE.

El *espacio libre aparente* o apoplasto (espacio intercelular de células epidermales y corticales) permite el transporte de agua y de iones en regiones de tejidos radicales que no requieren transporte a través de una membrana impermeable. La absorción de agua desde el suelo hacia el apoplasto se presenta por capilaridad y osmosis. La capilaridad se presenta cuando el espacio intercelular es más pequeño que el espacio lleno con agua en el suelo y el agua puede moverse de áreas con menor potencial hídrico. Osmosis es el transporte de agua de áreas de menor a otras con mayor concentración.

Término introducido por Hope y Stevens (1952) para referirse al espacio libre de agua que es accesible a iones y moléculas con o sin carga.

II. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO DE LA RAÍZ.

La función de las bandas casparianas en la endodermis es la de servir como barrera impermeable que le permite seleccionar y regular la absorción de iones. En tejido maduro, previene la entrada de agua y de iones directamente al xilema; así, el agua y los iones que entran a la célula o citoplasma pueden ser transportados a través de la membrana plasmática. Una vez en el interior, el transporte puede darse por vía simplástica a través de conexiones celulares o *plasmodesma*.

III. MECANISMOS DE ABSORCION DE LOS NUTRIENTES.

Los vegetales de organización cormofítica tienen estructuras especializadas para la absorción y el transporte de los nutrientes: raíces, tallos y hojas.

a) PROCESOS DE DIFUSIÓN

Para penetrar en la raíz, las sustancias químicas deben atravesar la membrana. Pueden hacerlo por **transporte pasivo** (por difusión, de donde está más concentrado el medio a donde está menos) o por transporte activo.

Las moléculas pequeñas en general la atraviesan sin dificultad, por **difusión simple**. Por su naturaleza compacta y fundamentalmente lipídica, se podría esperar que las membranas resultaran poco permeables a moléculas grandes o muy polares.

b) PERMEABILIDAD DE LAS MEMBRANAS

La difusión de una sustancia a través de la membrana dependerá de la diferencia de potencial electroquímico, pero se verá influida también por la facilidad con que la membrana puede ser atravesada por la molécula en cuestión, es decir, por la **permeabilidad de la membrana**.

La existencia de mecanismos de transporte activo dota a las membranas de una **permeabilidad selectiva**, que de esta manera actúan como filtro y permiten la regulación de las entradas y salidas de distintas moléculas en el simplasto.

c) ABSORCIÓN METABÓLICA DE LOS IONES

La concentración iónica en el apoplasto es menor que en la solución del suelo; por lo que la difusión se presenta como respuesta a un gradiente de alta a baja concentración. Las células de la superficie interior de la corteza están cargadas negativamente, lo que permite la atracción de cationes. El intercambio de cationes se presenta en la superficie extracelular y explica por qué la absorción de cationes excede la de aniones. Para mantener la neutralidad eléctrica, las células radicales liberan H^+ haciendo descender el pH cerca de su superficie. Por lo anterior, *la difusión y el intercambio iónico son procesos pasivos debido a que su paso al apoplasto está regulado por gradientes en concentración iónica (difusión) y eléctrica (intercambio iónico). Son procesos no selectivos y no requieren del gasto de energía metabólica.*

d) NATURALEZA DE LOS TRANSPORTADORES

La velocidad con la que se mueven depende de la temperatura, presión, concentración y tamaño.

El transporte de iones, ya sea pasivo o activo, requiere energía, física en el primer caso y metabólica en el segundo. En una célula, la fuente de energía es el metabolismo, que produce energía química y poder reductor. La energía

metabólica se transforma en energía útil para el transporte de iones en las membranas a través de la actividad de las bombas primarias. Estas bombas son proteínas de membrana que mueven iones (masa y carga) en contra de su gradiente de potencial electroquímico, utilizando energía metabólica y generando gradientes tanto de concentración como eléctricos. El transporte de iones que tiene lugar a través de las bombas primarias se denomina transporte primario.

e) CRITERIO ABSOLUTO DE TRANSPORTE ACTIVO – PASIVO

Transporte pasivo → Proceso de Difusión (del medio más concentrado al medio menos concentrado).

Transporte activo → se trata de llevar hormonas de zonas de afloramiento a zonas de déficit, o transportar hormonas al lugar donde se necesita su acción.

El transporte pasivo es mucho más rápido, el activo es muy lento, el pasivo transporta mucha mayor cantidad de agua y el activo transporta menos. El pasivo es discontinuo, intermitente y el activo es constante.

f) OTROS FACTORES RELACIONADOS CON LA ABSORCIÓN

i. PRESIÓN DEL OXÍGENO

Es la fuerza con la que el agua penetra en la raíz llegando hasta los vasos y la puede elevar hasta algunos metros

La planta entra en un estado de estrés, debido a que el agua a expulsado el oxígeno del suelo, por esa razón es necesario que el exceso de agua sea eliminado de la zona de raíces y permita la entrada paulatina del oxígeno.

ii. ACTIVIDAD DE IONES HIDRÓGENOS (PH).

La cantidad o concentración de iones de hidrógeno que tiene la solución del suelo determina la acidez o alcalinidad del mismo. Cuando la concentración de iones de hidrógeno que posea la solución es alta se dice que es ácida, cuando la concentración de H^+ es baja se dice que es básica o alcalina.

Para medir esta característica de la solución del suelo se usó el pH, un suelo es neutro cuando el pH es igual a 7, ácido cuando el pH es inferior a 7 y básico cuando es superior a dicho nivel. En el suelo raramente se llega a un pH inferior a 4 (muy ácido) o al pH 10 (demasiado alcalino). Los suelos agrícolas generalmente tienen un pH entre 6 y 7.5, rango en el que mejor se desarrolla las plantas.

El pH se refiere a la concentración de H^+ del complejo absorbente (retenidos en los coloides), es decir que da una medición parcial y no total; los suelos pueden tener el mismo pH pero pueden variar en su contenido total H^+ (I del complejo

absorbente más el de la solución del suelo) en general en un suelo ácido a medida que aumenta su capacidad de cambio (capacidad de retener los cationes) es mayor su acidez total para un mismo pH de la solución, al disminuir el pH del suelo se frena al desarrollo de muchos microorganismos, disminuyendo las cantidades de elementos nutritivos, asimilables por las plantas y se incrementa de elementos tóxicos que las raíces absorben.

Para corregir la acidez total del suelo, es decir, para aumentar el pH de estos suelos ácidos se procede el “enclado” que es la adición de cal al suelo para sustituir los iones hidrógeno por los iones de calcio, tanto en la solución como en el complejo como un suelo arcilloso tiene, por las características de sus coloides, una mayor capacidad de cambio, necesita que se le añada más calcio que si fuera un suelo arenoso posee una capacidad de cambio menor.

iii. LA LUZ.

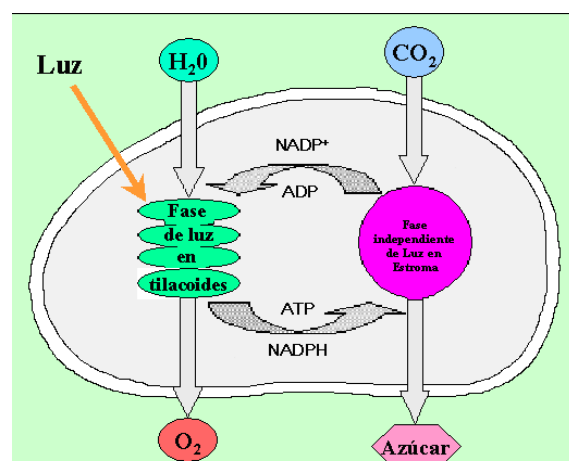
La luz ejerce un efecto directo sobre el crecimiento y florecimiento provocando el proceso de fotosíntesis por el cual las plantas obtienen energía. Las plantas dependen de la luz para producir su alimento, inducir el ciclo de crecimiento y permitir un desarrollo sano. Sin luz, ya sea natural o artificial, la mayoría de las plantas no podrían crecer ni reproducirse, la fotosíntesis no tendría lugar sin la energía absorbida de la luz solar y no habría oxígeno suficiente para que continúen viviendo.

Fase dependiente de la luz:

- Se absorbe la luz solar y se convierte en energía química.
- Las reacciones dependientes de luz ocurren en la membrana de los tilacoides de los cloroplastos.
- Durante esta reacción se descompone agua, se libera oxígeno como producto secundario, y se sintetiza ATP y NADPH.

Fase independiente de la luz:

- Las reacciones independientes de la luz (o de fijación de carbono) ocurren en el estroma del cloroplasto.
- La energía del ATP y del NADPH, producidos en las reacciones dependientes de la luz, se usa para



transformar el bióxido de carbono en carbohidratos.

Para utilizar la energía solar se requiere que la luz sea absorbida por pigmentos fotosintéticos que se encuentran en las membranas de los tilacoides en los cloroplastos. El pigmento principal para la fotosíntesis es la clorofila a. También hay pigmentos accesorios, como la clorofila b, el caroteno y la xantofila, que absorben la luz y la transfieren a la clorofila a.

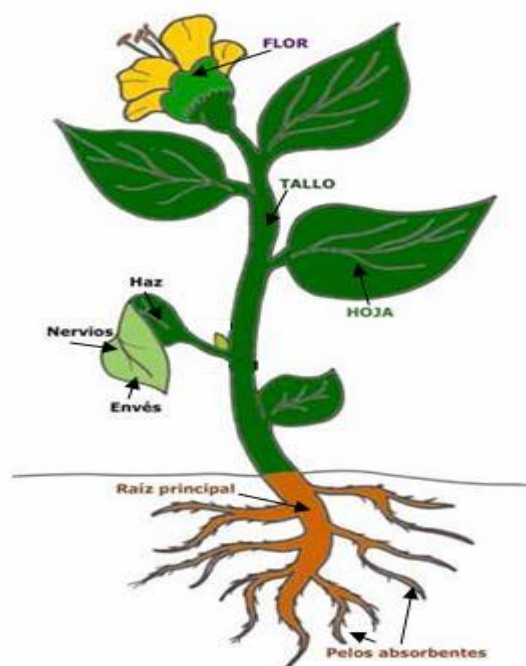
iv. SÍNTESIS DE PROTEÍNAS

La síntesis de proteínas o traducción del ARN es el proceso anabólico mediante el cual se forman las proteínas a partir de los [aminoácidos](#). Es el paso siguiente a la [transcripción del ADN](#) a [ARN](#). Como existen 20 aminoácidos diferentes y sólo hay cuatro nucleótidos en el ARN ([Adenina](#), [Uracilo](#), [Citosina](#) y Guanina), es evidente que la relación no puede ser un aminoácido por cada nucleótido, ni tampoco por cada dos nucleótidos, ya que los cuatro tomados de dos en dos, sólo dan dieciséis posibilidades. La colinearidad debe establecerse como mínimo entre cada aminoácido y tripletes de nucleótidos. Los tripletes que codifican aminoácidos se denominan codones. La confirmación de esta hipótesis se debe a Nirenbert, Ochoa y Khorana. En la biosíntesis de proteínas se pueden distinguir las siguientes etapas.

v. CRECIMIENTO

Las plantas, como todo ser vivo nacen, crecen, se reproducen, y mueren.

Las partes u órganos de los que se compone una planta son los que se muestran en la siguiente ilustración:



La germinación es el conjunto de fenómenos que ocurren cuando el embrión contenido de la semilla pasa de la vida latente a la vida activa. Ocurre cuando las reservas nutritivas son movilizadas por la acción de las diastasas, al ser puesta la semilla en condiciones de temperatura y humedad adecuadas. El embrión y el endospermo se hinchan; la gémula y la radícula comienzan su desarrollo: la gémula se hunde en la tierra y la radícula se eleva por encima del suelo hasta ponerse en contacto con la luz,

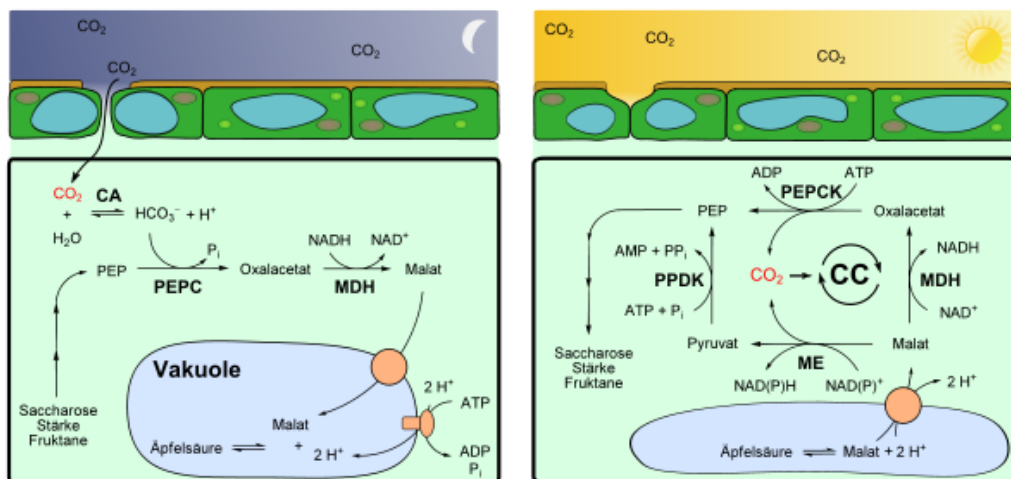
con la atmósfera, y entonces forma la clorofila.

vi. POTENCIALIDAD AGUA DEL MEDIO

Cuando dos masas de agua tienen diferente potencial hídrico, habrá una tendencia del agua a desplazarse espontáneamente desde el lugar con mayor potencial hacia el lugar con menor potencial. Si en el camino no hay barreras este desplazamiento se realizará sin aporte externo de energía. Es decir, los movimientos o flujos de agua, se producirán de manera espontánea a favor de gradiente de potencial hídrico, desde los lugares de mayor ψ a los lugares de menor ψ . El flujo de agua será directamente proporcional a la diferencia de potencial hídrico pero también dependerá de las resistencias que encuentre en su recorrido, ante varios caminos posibles, el flujo se dirigirá mayoritariamente a través de las zonas de menor resistencia.

vii. METABOLISMO DE ÁCIDOS ORGÁNICOS

Es un tipo de metabolismo que se da en plantas y que se descubrió en la familia de las *crasuláceas*, de ahí su nombre. El nombre de metabolismo ácido hace referencia a la acumulación de **ácidos orgánicos** durante la noche por las plantas que poseen este mecanismo de fijación de carbono. Esta vía metabólica es semejante a la vía C₄, sin embargo en la vía CAM la separación de los dos carboxilaciones no es espacial, como ocurre en las plantas C₄, sino temporal.



Esquema

del **metabolismo ácido de las crasuláceas** durante la noche (a la izquierda, fase I) y durante el día (a la derecha, fase III).

- **CA** Anhidrasa carbónica-α.
- **CC** Ciclo de Calvin.
- **PEP** Fosfoenolpiruvato.
- **PEPC** Fosfoenolpiruvato carboxilasa.
- **PEPCK** Fosfoenolpiruvato carboxiquinasa.

- **MDH** Malato deshidrogenasa.
- **ME** Malato deshidrogenasa (descarboxilante) = Malatoenzima.
- **PPDK** Piruvato fosfato diquinasa.

g) ABSORCIÓN DE ELEMENTOS MINERALES EN FORMA NO IÓNICAS

Transporte de Fe soluble hacia las raíces: Este transporte viene ralentizado por las bajas concentraciones de Fe y por las retenciones que este elemento sufre sobre distintos materiales edáficos. La presencia de transportadores sería muy beneficiosa.

i. QUELATOS→EDTA Fe.

En la actualidad es el uso de quelatos la forma más eficaz de corregir la clorosis y esto es así por su especial forma de acción, diferente al del resto de los fertilizantes. Mientras que en cualquier otro tipo de fertilizante el principio activo es el propio elemento que van a aportar, en los quelatos férricos esto no es así. Ya hemos comentado que en el suelo hay suficiente hierro, por lo que es el agente quelante que lo acompaña el responsable principal de su acción. Los quelatos (ver figura 2) deben: 1º incrementar la solubilización de hierro, 2º transportarlo hacia la raíz de la planta, 3º ahí deben ceder el Fe y 4º la parte orgánica del quelato debe volver a solubilizar más hierro. Es aquí donde el quelato actúa de modo bien diferente al resto de los fertilizantes. Así, por ejemplo un potasio añadido al suelo será aprovechado o no, pero un quelato no sólo aportará el hierro que con él se aplica al cultivo, sino que puede aumentar el aprovechamiento del hierro nativo del suelo.

Recientemente Álvarez-Fernández, 2000, ha publicado, como parte de su tesis doctoral desarrollada en nuestro laboratorio un estudio en el que recoge las características de 80 productos, la mayoría de ellos comercializados durante 1998, algunos de 1999 y otros anteriores.

h) NUTRICIÓN FOLIAR

La fertilización foliar puede ser utilizada para superar problemas existentes en las raíces cuando éstas sufren una actividad limitada debido a temperaturas bajas/altas (<10°, >40°C), falta de oxígeno en campos inundados, ataque de nematodos que dañan el sistema radicular, y una reducción en la actividad de la raíz durante las etapas reproductivas en las cuales la mayor parte de los fotoasimilados es transferida para reproducción, dejando pocos para la respiración de la raíz (Trobisch y Schilling, 1970). La nutrición foliar ha probado ser la forma más rápida para curar las deficiencias de nutrientes y acelerar la performance de las plantas en determinadas etapas fisiológicas. Con el cultivo compitiendo con las malezas, la pulverización foliar focaliza los nutrientes sólo en aquellas plantas seleccionadas como destino. Se ha encontrado además que los fertilizantes son químicamente compatibles con los pesticidas, y de esta forma se

ahorran costos y mano de obra. Cierta tipo de fertilizantes puede incluso desacelerar la tasa de hidrólisis de pesticidas/hormonas de crecimiento (GA3), debiendo bajarse el pH de la solución y lográndose de esta forma mejorar la performance o reducir costos.

Los fertilizantes aplicados a través de la superficie de las hojas (canopia), deben afrontar diversas barreras estructurales a diferencia de los pesticidas, que están principalmente basados en aceite y que no presentan dificultades para penetrar en este tejido. Los fertilizantes que están basados en sales (cationes/aniones) pueden presentar algunos problemas para penetrar las células interiores del tejido de la planta.

¿Cómo penetran los nutrientes en el tejido de las plantas?

Cuando nos referimos a la penetración de nutrientes podemos definir dos movimientos:

1. Hacia el tejido desde el exterior, que se conoce como absorción.
2. Desde el punto de penetración hacia otras partes de la planta, conocido como traslado.

FACTORES INTERNOS

El factor puramente genético de la especie determina la capacidad de absorción de los distintos iones. Existen algunas especies de plantas que pueden absorber sales y acumularlas en un grado mucho mayor que otras sin que se produzcan efectos tóxicos.

La etapa fenológica de la planta es otro factor interno que determina la absorción de iones. Las plantas absorben la mayor cantidad de nutrientes durante la etapa vegetativa, ya que en el momento de la floración se detiene relativamente la absorción pues la planta está gastando grandes cantidades de energía en dicho proceso de desarrollo. El estado general de sanidad de la planta también influye directamente. Se ha demostrado que una planta enferma posee menos capacidad de absorción de nutrientes.

EL PH DEL SUELO

La cantidad o concentración de iones de hidrógeno que tiene la solución del suelo determina la acidez o alcalinidad del mismo. Cuando la concentración de iones de hidrógeno que posea la solución es alta se dice que es ácida, cuando la concentración de H^+ es baja se dice que es básica o alcalina.

Para medir esta característica de la solución del suelo se usó el pH, un suelo es neutro cuando el pH es igual a 7, ácido cuando el pH es inferior a 7 y básico cuando es superior a dicho nivel. En el suelo raramente se llega a un pH inferior a 4 (muy ácido) o al pH 10 (demasiado alcalino). Los suelos agrícolas generalmente tienen un pH entre 6 y 7.5, rango en el que mejor se desarrolla las plantas.

El pH se refiere a la concentración de H^+ del complejo absorbente (retenidos en los coloides), es decir que da una medición parcial y no total; los suelos pueden tener el mismo pH pero pueden variar en su contenido total H^+ (l del complejo absorbente más el de la solución del suelo) en general en un suelo ácido a medida que aumenta su capacidad de cambio (capacidad de retener los cationes) es mayor su acidez total para un mismo pH de la solución, al

disminuir el pH del suelo se frena al desarrollo de muchos microorganismos, disminuyendo las cantidades de elementos nutritivos, asimilables por las plantas y se incrementa de elementos tóxicos que las raíces absorben. Para corregir la acidez total del suelo, es decir, para aumentar el pH de estos suelos ácidos se procede el “encalado” que es la adición de cal al suelo para sustituir los iones hidrógeno por los iones de calcio, tanto en la solución como en el complejo como un suelo arcilloso tiene, por las características de sus coloides, una mayor capacidad de cambio, necesita que se le añada más calcio que si fuera un suelo arenoso posee una capacidad de cambio menor.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aïmediën, P. 1988. **La controversia del ozono**. Mundo Científico. N° 79 442-454.
2. Babor, J.A, y J. Ibarz Aznarez. 1963. **Química General Moderna**. Marín, Barcelona. 1144 p.
3. Bornemisza, E. 1982. **Introducción a la Química de Suelos**. O.E.A., Washington. 74 p.
4. Brown, P.H., R.M. Welch y E. E. Cary. 1987. **Nickel: A micronutrient essential for higher plants**. Plant Physiology. 85: 801-803.
5. Buckman, H.O y N.C. Brady. 1977. **Naturaleza y Propiedades de los Suelos**. Montaner y Simón, S.A., Barcelona. 590 p.
6. Cabrera, G y H. Verde. 1989. **Cultivo casero del berro**. Agronomía al día. Año 2 N° 3: 18.
7. Chapman, H.D. 1955. **Diagnostic criteria for plants and soils**. University of California, Division of Agricultural Sciences, California. 793 p.
8. Clarkson, D.T. y J.B. Hanson. 1980. **The mineral nutrition of higher plants**. Ann. Rev. Plant Physiol. 31:239-298.
9. Deysson, Guy. 1966. **Physiologie et Biologie des plantes vasculaires**. Première Partie: Nutrition et Metabolisme. SEDES, París. 289 p.
10. Eskew, D. L., R.M. Welch, and W. A. Norvell. 1984. **Nickel in higher plants. Further evidence for an essential role**. Plant Physiol. 76: 691-693.
11. Fassbender, H.W. y E. Bornemisza. 1987. **Química de Suelos**. I.I.C.A., Costa Rica. 420 p.
12. Foy, C.D.; R.L. Chaney y M.C. White. 1978. **The Physiology of Metal Toxicity in Plants**. Ann. Rev. Plant Physiol. 29:511-556.
13. Gil Martínez, F. 1994. **Elemento de Fisiología Vegetal**. Mundi Prensa, Madrid. 1147 p.
14. Hernández-Gil, R. **Deficiencia de boro en una Plantación de Pinus radiata y Pinus oocarpa situada en el vergel-Mérida**. XXVIII Convención anual de ASOVAC, Maracay 12-17 de noviembre de 1978.
15. Hernández Gil, R. y C. Lombardo C. 1987. **Deficiencias de macronutrientes en Pinus caribaea var. Hondurensis Morelet**. Barr. y Golf. Facultad de Ciencias Forestales. ULA. Mérida. 109 p.

16. Hernández Gil, R. 1989. **Nutrición Mineral**. Facultad de Ciencias Forestales. ULA. Mérida 81p.
17. Heppler, P.K. y R.O. Wayne. 1985. **Calcium and plant development**. Ann. Rev. Plant Physiol. 36:397-439.
18. Kramer, P. J. y T.T. Kozlowski. 1979. **Physiology of woody Plants**. Academic Press, New York. 81p.
19. Lambert, G. 1987. **El dióxido de carbono en la atmósfera**. Mundo Científico. N° 72: 848-857.
20. Larcher, W. 1995. **Physiological Plant Ecology**. Springer Verlag, Berlin. 506 p.
21. Levitt, J. 1974. **Introduction to plant physiology**. The C.V. Mosby Co., Saint Louis. 447 p.
22. Noggle, R.G. y G.J. Fritz. 1976. **Introductory Plant Physiology**. Prentice-Hall, New Jersey. 688 p.
23. Patra, M y A. Scharma. 2000. **Mercury toxicity in plants**. **The Botanical Review** 66(3):379-422.

24. Price, C.A. 1970. **Molecular approaches to plant physiology**. Mc Graw-Hill, New York. 398 p.

25. Raven, H. y H. Curtis. 1975. **Biología Vegetal**. Ediciones Omega, S.A., Barcelona. 716 p.
26. Ruhland, N. 1958. **Encyclopedia of Plant Physiology**. Vol. IV. Mineral Nutrition of Plants. Springer Verlag, Berlin. 1210 p.

27. Rusell, E. W. 1973. **Soil Conditions and Plant Growth**. Longman, London. 849 p.

28. Salisbury, F.B. y C. W. Ross. 1992. **Plant Physiology**. Wadsworth Publishing. Co., California. 682 p.

29. Sillanpaa, M. 1972. **Los oligoelementos en los suelos y en la agricultura**. FAO, Roma. 71 p.

30. Sitte, P; M. Ziegler; F. Ehrendorfer y A. Bresinsky. 1994. Stasburger. **Tratado de botánica**. Omega, Barcelona 1068 p.

31. Smith, S.E. y V. Gianinnazzi-Parson. 1988. **Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants**. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 39:201-244.

32. Steward, F.C. 1963. **Plant Physiology. Vol. III: Inorganic nutrition of plants**. Academic Press, New York. 811 p.

33. The New Encyclopaedia Britannica. 1980. **Encyclopaedia Britannica**, Inc., Chicago. 30 volumenenes.

34. Ting, I.P. 1982. **Plant Physiology**. Addison-Wesley, California. 642 p.

35. Trewavas, A.J. Ed. 1986. **Molecular and cellular aspects of calcium in plant development**. Plenum Press, New York. 452 p.
36. Turner, J. y M. Lambert. 1986. **Nutrition and Nutritional relationships of *Pinus radiata***. Ann. Rev. Ecol. Syst. 17:325-350.
37. Walker, D. C, R. D. Graham, J. T. Madison, E. E. Cary, and R. M. Welch. 1985. **Effects of Ni deficiency on some nitrogen metabolites in cowpeas** (*Vigna unguiculata* L. Walp). Plant Physiol. 79: 474-479.
38. White, A; P. Handler y E.L. Smith. 1959. **Principles of biochemistry**. Mc Graw Hill, New York. 1106 p.
- Bertsch F., Ramírez F. 1997. Metodologías para afinar los programas de fertilización de los cultivos por medio del uso de curvas de absorción de nutrimentos. En: Memoria Jornadas de Investigación. Universidad de Costa Rica, Vicerrectoría de Investigación. 183 p.
- Briceño J., Arias O. 1992. Desarrollo del cafeto (*Coffea arabica*). I. Crecimiento vegetativo y reproductivo de tres cultivares. Agronomía Costarricense 16(1):125-130.
- Carvajal F. 1984. Cafeto: cultivo y fertilización. Segunda Edición. Instituto Internacional de la Potasa. Berna, Suiza. 253 p.
- Díaz-Romeu R.; Hunter A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 61 p.
- León J; Fournier L. 1962. Crecimiento y desarrollo del fruto de *Coffea arabica* L. Turrialba 12: 65-74.
- Rojas O. 1987. Zonificación Agroecológica para el cultivo de café (*Coffea arabica*) en Costa Rica. IICA, Serie Publicaciones Misceláneas No. A1/OCR-87-007. San José, Costa Rica, 83 p.
- Segura A. 1992a. Estudio comparativo del crecimiento vegetativo de dos cultivares de café. En: Informe anual de labores 1991-1992. Convenio ICAFE-MAG. Heredia, Costa Rica. 363 p.
- Segura A. 1992b. Estudio fenológico del café. En: Informe anual de labores 1991-1992. Convenio ICAFE-MAG. Heredia, Costa Rica. 363 p.
- Segura A. 1992c. Estudio del crecimiento del fruto de café. En: Informe anual de labores 1991- 1992. Convenio ICAFE-MAG. Heredia, Costa Rica. 363 p.
- Segura A. 1992d. Extracción de nutrientes por los frutos del café durante su desarrollo. En: Informe anual de labores 1991-1992. Convenio ICAFE-MAG. Heredia, Costa Rica. 363 p.

Valencia G. 1998. Manual de nutrición y fertilización del café. INPOFOS, Quito, Ecuador. 61p. Vicente-Chandler J. 1989. Coffee. In: Detecting Mineral Nutrient Deficiencies in Tropical and Temperate Crops. Ed. D.L. Plucknett and H.B. Sprague. Westview Press, U.S.A. 553 p.

i) TRANSPORTE DE NUTRIENTES MINERALES DE LA CORTEZA RADICAL HACIA EL XILEMA

El traslado Xilémico es de flujo regulado y depende de la diferencia de potencial de agua entre el suelo, la hoja y la atmósfera.

El traslado difiere entre iones distintos, por lo tanto, los nutrientes se dividen en tres grupos (Bukovac y Wittwer, 1957):

- Móviles
- Parcialmente móviles
- Inmóviles

Tabla 1

Movilidad	Nutrientes de las plantas				
Móvil	N	P	K	S	Cl
Parcialmente móvil	Zn	Cu	Mn	Fe	Mo
Inmóvil	Ca	Mg			

(Bukovac y Wittwer, 1957; Kunnan, 1980)

j) DISTRIBUCION DE LOS NUTRIENTES EN DISTINTOS ÓRGANOS DE LA PLANTA.

Las plantas requieren del suministro de agua disponible en el suelo

El agua es necesaria en todos los procesos fisiológicos de la planta:-

Fotosíntesis.-Mantenimiento celular.-Transpiración y control de temperatura.-Absorción de sales minerales.

Teoría de cohesión-tensión: explica la distribución del agua en toda la planta. La **teoría de la cohesión-tensión** es una teoría de la [atracción intermolecular](#) comúnmente observadas en el proceso en que el agua viaja hacia arriba (en contra de la [fuerza de gravedad](#)) a través del [xilema](#) de las plantas, fue propuesta por [John Joly](#) y [Horatio Henry Dixon](#). A pesar de numerosas objeciones esta es la teoría más ampliamente aceptada para el transporte de agua a través del sistema vascular de las plantas, sobre la base de la investigación clásica de Dixon-Joly (1894),¹ Askenasy (1895) y Dixon (1914, 1924).^{2 3 4}

El agua es una molécula [polar](#). Cuando dos moléculas de agua se aproximan entre sí forman un [enlace de hidrógeno](#). El átomo de oxígeno cargado negativamente de una molécula de agua forma un enlace de hidrógeno con un átomo de hidrógeno cargado positivamente. Esta fuerza de atracción junto con otras [fuerzas intermoleculares](#) son los principales factores responsables de la aparición de tensión superficial en el agua líquida. También permite a las plantas extraer agua de la raíz a través del xilema a las hojas.

El agua se pierde constantemente por la transpiración en las hojas. Cuando una molécula de agua se pierde otra es arrastrado por los procesos de cohesión y adhesión. La transpiración utilizando la [acción capilar](#) y la tensión superficial inherente del agua, es el principal mecanismo de movimiento del agua en las plantas. Sin embargo no es el único mecanismo implicado. Cualquier uso de agua en las hojas obliga al agua a pasar a ellos.

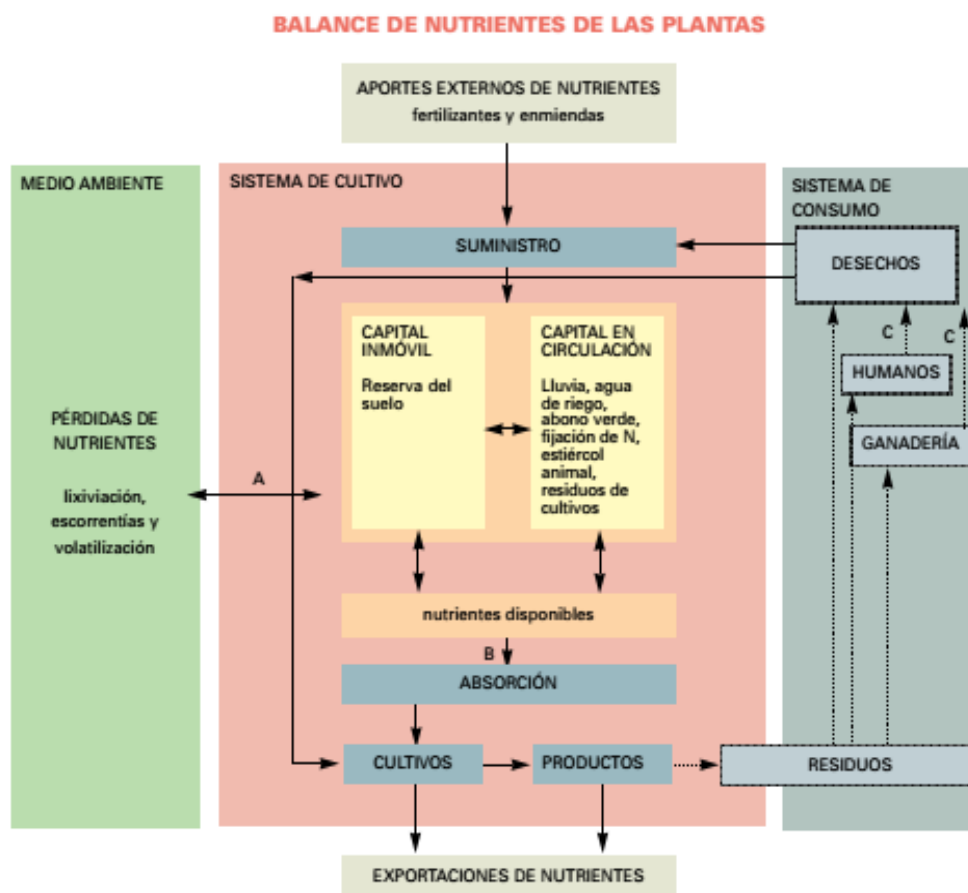
Teoría de translocación: explica la distribución de nutrientes en la planta. Procesos de transporte en las plantas Una planta necesita mucha más agua que un animal de peso comparable. Esto se debe a que la casi totalidad del agua que entra en las raíces de una planta en crecimiento es liberada al aire como vapor de agua y sólo una pequeña proporción es realmente utilizada por las células vegetales. La pérdida de vapor de agua por las plantas se denomina transpiración.

Como consecuencia de la transpiración, las plantas requieren de grandes cantidades de agua. Junto con la corriente de transpiración son incorporados elementos esenciales de origen mineral desde el suelo al interior de las células de las raíces.

Además de agua y minerales, **las células de una planta también necesitan esqueletos carbonados, los cuales constituyen su fuente de energía.** El movimiento de los compuestos orgánicos desde las partes fotosintéticas de las plantas es conocido como translocación. Los elementos minerales que

necesitan las plantas son absorbidos por las raíces de la solución que las rodea y son transportados desde éstas hacia el vástago en la corriente transpiratoria.

MÉTODOS EMPLEADOS PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE NUTRICIÓN.



ABS

ORCION DE LOS NUTRIENTES INORGANICOS POR LA RAIZ

La absorción de iones inorgánicos tiene lugar a través de la epidermis de la raíz. El camino principal que siguen los iones desde la epidermis de la raíz a la

endodermis es **simplástico**. El movimiento radial de los iones continúa en el simplasto cortical, de protoplasto a protoplasto, vía plasmodesmos a través de la endodermis y se incorporan a las células del parénquima del cilindro vascular. Desde las células del parénquima cortical, los iones son secretados al xilema (vasos o traqueidas) por un mecanismo de transporte activo mediado por transportadores.

ABSORCION DE LOS NUTRIENTES

Las plantas suelen absorber los nutrientes por las raíces, aunque también pueden absorber alguna cantidad a través de las hojas si se aplican en solución (fertilización foliar). Los nutrientes entran a la planta en forma de iones, partículas ultramicroscópicas que llevan cargas eléctricas. Cuando los iones tienen cargas eléctricas positivas se llaman cationes; calcio (Ca^{++}), potasio (K^+), amonio (NH_4^+), magnesio (Mg^{++}). Los iones con cargas eléctricas negativas se llaman aniones e incluyen; fosfato ($H_2PO_4^-$ o $HPO_4^{=}$), el nitrato (NO_3^-) o el sulfato ($SO_4^{=}$)

La mayor parte de la absorción de agua se produce cerca de los meristemos apicales de las raíces, en los pelos radicales, sin embargo, los nutrientes entran a la planta en una zona entre la región meristemática y la zona de pelos radicales. Esta zona se caracteriza por una incipiente diferenciación celular donde aún no está plenamente diferenciada la endodermis.

TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE LOS NUTRIENTES.

Cuando los iones inorgánicos son secretados en el interior de los vasos de xilema radical, son rápidamente conducidos hacia arriba y por toda la planta gracias a la corriente de transpiración. Algunos iones se mueven lateralmente desde el xilema hacia los tejidos circundantes de las raíces y de los tallos, mientras que otros son transportados hacia las hojas. Una vez alcanzadas las hojas los iones pueden seguir tres caminos:

- (1) son transportados con el agua en el apoplasto de la hoja;
- (2) pueden permanecer en el agua de transpiración y llegar a los lugares principales de pérdida de agua, los estomas y células epidérmicas; y
- (3) La mayoría de los iones entran en los protoplastos de las células de la hoja, probablemente por mecanismos en los que está implicado el transporte activo, y moverse vía simplástica a otras partes de la hoja, incluyendo el floema.

Los iones inorgánicos, en pequeñas cantidades, también se pueden absorber a través de las hojas, posibilidad que se utiliza en la **fertilización foliar** y que consiste en la aplicación directa de micronutrientes al follaje.

Fundamental en las plantas epifitas.

Permite que las plantas absorban diversas sustancias que, aplicadas en las partes aéreas de las mismas, actuarán como fertilizantes, herbicidas, etc

Cantidades importantes de los iones inorgánicos que son importados por las hojas a través del xilema, son posteriormente intercambiados con el floema en los nervios foliares, y exportados, junto con la sacarosa, en la corriente de fotoasimilados. Cuando los nutrientes se dirigen hacia las raíces vía floema, pueden reciclarse; es decir pueden intercambiarse con el xilema. Pero sólo aquellos iones que pueden moverse en el floema, a los que se llama floema-móviles, se pueden exportar en cantidades significativas desde las hojas.

El **N**, el **P**, el **K**, y el **Mg** son típicamente **móviles** y pueden ser transportados con relativa facilidad a otros órganos, mientras que el **Ca**, el **S** y el **Fe** son más o menos **inmóviles** y tienden a permanecer en el primer destino alcanzado hasta la muerte de ese órgano.

TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE LOS NUTRIENTES.

Las sales inorgánicas absorbidas por la raíz en forma de aniones y cationes, son transportadas por el xilema en forma ascendente junto con el agua. En esta corriente ascendente del xilema también se produce una difusión lateral de los nutrientes hacia el floema, que transporta sustancias orgánicas. Cuando los nutrientes llegan a las células de las hojas se combinan con las sustancias orgánicas y se mueven hacia arriba y hacia abajo, a los distintos órganos de la planta a través del floema.

Algunos iones como el fósforo, el azufre y el nitrógeno pueden combinarse en la raíz con sustancias orgánicas ingresando directamente a los conductos floemáticos.

La bicapa lipídica de la membrana actúa como una barrera que separa dos medios acuosos, el medio donde vive la célula y el medio interno celular. Las células requieren nutrientes del exterior y deben eliminar sustancias de desecho procedentes del metabolismo y mantener su medio interno estable. La membrana presenta una permeabilidad selectiva, ya que permite el paso de pequeñas moléculas, siempre que sean lipófilas, pero regula el paso de moléculas no lipófilas.

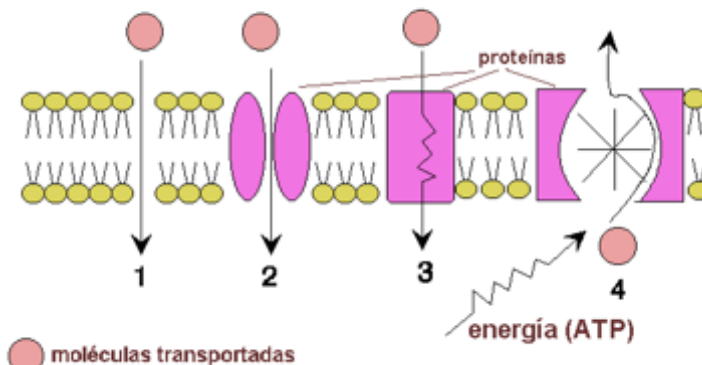
El paso a través de la membrana posee dos modalidades: Una pasiva, sin gasto de energía, y otra activa, con consumo de energía.

El transporte pasivo. Es un proceso de difusión de sustancias a través de la membrana. Se produce siempre a favor del gradiente, es decir, de donde hay más hacia el medio donde hay menos. Este transporte puede darse por:

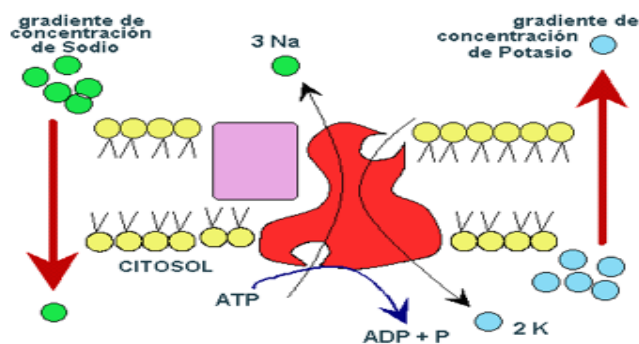
Difusión simple a través de la bicapa (1). Así entran moléculas lipídicas como las hormonas esteroideas, anestésicos como el éter y fármacos liposolubles. Y sustancias apolares como el oxígeno y el nitrógeno atmosférico. Algunas moléculas polares de muy pequeño tamaño, como el agua, el CO₂, el etanol y la glicerina, también atraviesan la membrana por difusión simple. La difusión del agua recibe el nombre de ósmosis.

Difusión simple a través de canales (2). Se realiza mediante las denominadas proteínas de canal. Así entran iones como el Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Cl⁻. Las proteínas de canal son proteínas con un orificio o canal interno, cuya apertura está regulada, por ejemplo por ligando (cofactores), como ocurre con neurotransmisores u hormonas, que se unen a una determinada región, el

receptor de la proteína de canal, que sufre una transformación estructural que induce la apertura del canal.



Difusión facilitada (3). Permite el transporte de pequeñas moléculas polares, como los aminoácidos, monosacáridos, etc, que al no poder, que al no poder atravesar la bicapa lipídica, requieren que proteínas transmembranas faciliten su paso. Estas proteínas reciben el nombre de proteínas transportadoras o permeasas que, al unirse a la molécula a transportar sufren un cambio en su estructura que arrastra a dicha molécula hacia el interior de la célula. El transporte activo (4). En este proceso también actúan proteínas de membrana, pero éstas requieren energía, en forma de [ATP](#), para transportar las moléculas al otro lado de la membrana. Se produce cuando el transporte se realiza en contra del gradiente electroquímico. Son ejemplos de transporte activo la bomba de Na/K, y la bomba de Ca. La bomba de Na⁺/K⁺ Requiere una proteína transmembrana que bombea Na⁺ hacia el exterior de la membrana y K⁺ hacia el interior. Esta proteína actúa contra el gradiente gracias a su actividad como ATP-asa, ya que rompe el ATP para obtener la energía necesaria para el transporte.



Por este mecanismo, se bombea 3 Na⁺ hacia el exterior y 2 K⁺ hacia el interior, con la hidrólisis acoplada de ATP. El transporte activo de Na⁺ y K⁺ tiene una gran importancia fisiológica. De hecho todas las células animales gastan más del 30% del ATP que producen (y las células nerviosas más del 70%) para bombear estos iones.

La práctica de agregar elementos minerales al suelo para mejorar el crecimiento de las plantas se ha llevado a cabo desde hace más de 2000 años. Desde el siglo pasado Justus von Liebig (1803-1873) demostró la importancia de los elementos minerales para el crecimiento vegetal y a partir de sus trabajos, la nutrición mineral fue considerada como una disciplina científica. De esta manera, a finales del siglo XIX, sobre todo en Europa, grandes cantidades de potasio, superfosfato y nitrógeno inorgánico fueron usados en la agricultura para mejorar el crecimiento y rendimiento de los cultivos.

El contenido mineral de las plantas está afectado por factores externos y su composición porcentual en los cultivos varía considerablemente. Los datos de composición de las plantas (figura 1) han sido a veces erróneamente empleados para formular los programas de fertilización, siguiendo la idea de que las cantidades de elementos extraídos por los cultivos deben ser las cantidades reemplazadas por los fertilizantes. Esta aproximación ignora factores tan importantes como las pérdidas por lavado, la fijación en el suelo en formas no asimilables de ciertos elementos, eficiencia de varias plantas en la absorción de ciertos elementos, y otros muchos.