

DEFICIENCIAS DE NUTRIENTES

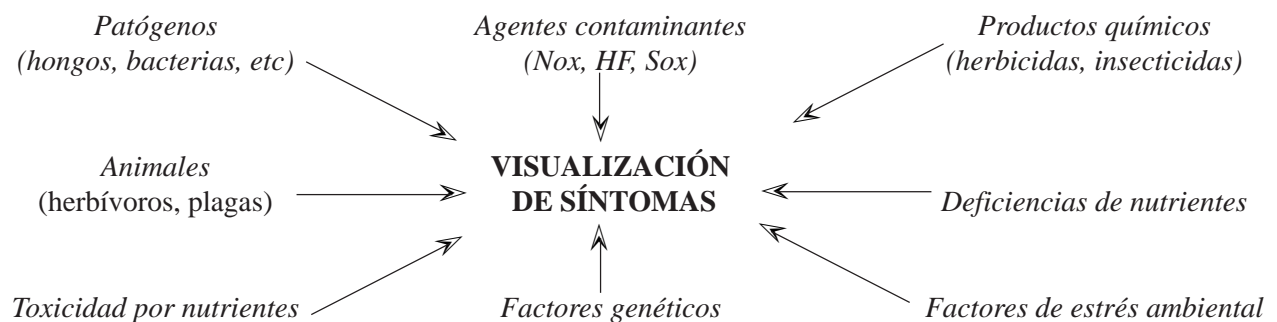
Las deficiencias de nutrientes en Eucalyptus son comunes en viveros y durante el establecimiento inicial en plantaciones. Existen cinco categorías diferentes de sintomatología de deficiencias:

- clorosis foliar
- necrosis foliar
- acumulación de antocianinas (follaje purpúreo)
- deformaciones foliares
- marchitamiento de brotes

Los Eucalyptus en sus zonas de origen difícilmente manifiestan deficiencias de algún nutriente; sin embargo en plantaciones “artificiales” y viveros es relativamente común observar deficiencias, tanto de macro como micro nutrientes. Realizar un diagnóstico temprano y aportar los elementos necesarios a través de la fertilización es lo apropiado para un buen desarrollo y maximizar el rendimiento de las plantas.

Los procedimientos de diagnóstico se realizan básicamente a través de los síntomas externos que manifiesta la planta, tejidos, composición química de tejidos, actividad enzimática y concentración de nutrientes en órganos y follaje. Para esto el conocer el proceso de circulación y la función de los nutrientes en los árboles facilita el proceso, a través de la manifestación y desarrollo del síntoma. Los sistemas más usados para diagnóstico de deficiencias son los síntomas externos, principalmente, ya que son los primeros que demuestran que el crecimiento de los árboles no es óptimo. El análisis de plantas, por lo general es un paso posterior.

Muchos factores pueden provocar en los árboles síntomas de deficiencias o trastornos, sin ser necesariamente causados por déficit o excesos de algún mineral, esencial para el desarrollo de la especie.



La posición de la planta en la que aparece la deficiencia depende de la capacidad de transporte del nutriente por el floema. A su vez, la movilidad de nutrientes en el floema varía considerablemente entre los propios elementos y algunas veces la especie.

Algunos nutrientes esenciales se transportan a partir de hojas senescentes (nutrientes móviles por floema), otros son retenidos en hojas (nutrientes inmóviles) y nutrientes que pueden ser transportados a partir de las hojas en condiciones especiales (nutrientes medianamente móviles).

La manifestación y observación de los síntomas y contenidos de nutrientes en el follaje de diferentes edades sugiere la movilidad antes mencionada.

Tabla 1 - Movilidad de nutrientes en *Eucalyptus*

Nutrientes móviles	Variable movilidad	Nutrientes inmóviles
Nitrógeno Fósforo Potasio	Cobre Magnesio Manganeso Molibdeno Azufre Zinc	Boro Calcio Hierro

Fuente: *Nutrient disorders in plantation Eucalypts* . Dell- Malajczuk - Grove

El conocer la ubicación del síntoma y poder diagnosticar de forma temprana permite corregir las deficiencias. Por ejemplo una deficiencia de N, P y K aparece primero en hojas viejas y gradualmente se extiende a toda la planta, hasta ser un trastorno casi irremediable.

COMPORTAMIENTO Y SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE ALGUNOS NUTRIENTES

NITROGENO

El Nitrógeno es un elemento esencial, constituyente de aminoácidos, aminos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos, clorofila, muchas enzimas, ATP, alcaloides y muchos otros componentes celulares. El principal efecto de deficiencia de Nitrógeno son las dificultades asociadas a la síntesis de proteínas y crecimiento de la planta.

El síntoma típico de la deficiencia de nitrógeno se visualiza temprano en las hojas; por una disminución en la formación de clorofila, a su vez los aminoácidos son precursores de las cadenas de proteínas y por lo tanto también se dificultan actividades enzimáticas, además de ser componente, el nitrógeno, de paredes celulares.

La deficiencia de este nutriente se manifiesta con un amarillamiento, que ocurre primero en las hojas maduras, pero los síntomas se extienden rápidamente, por tratarse de un nutriente muy móvil, hacia las hojas jóvenes en las plantaciones de *Eucalyptus*. Estas hojas maduras, degradan su proteína a formas solubles de nitrógeno, trasladadas por el floema a otras áreas de la planta.



Foto 1: Deficiencia de Nitrógeno en *Eucalyptus grandis*. Se presenta como clorosis internerval en diferente grado.

Inicialmente los síntomas se observan en el área internerval de hojas maduras, que tornan de verde a verde pálido, haciéndose general, en fases más avanzadas de deficiencia, e irregular (principalmente en *E. grandis*).

El nitrógeno es absorbido por el sistema radicular como nitrato o amonio. Las plántulas en crecimiento de *E. globulus* toman nitrato menos efectivamente que amonio y es posible observar toxicidades por nitratos.

FOSFORO

El Fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento de plantas, relacionado con muchos procesos metabólicos, ya que es fundamental en la transferencia de energía a través de ésteres de fosfato y fosfatos ricos en energía. Es un constituyente de los ácidos nucleicos, fosfolípidos, fosfoproteínas, fosfoésteres, dinucleótidos y ADP.



Foto 2: Necrosis foliar y manchas purpúreas en hojas viejas de *E.globulus ssp. globulus* con deficiencia de Fósforo.

De este manera el Fósforo es requerido para almacenar y transformar energía; para la fotosíntesis, transporte de electrones, regulación de algunas enzimas y transporte de carbohidratos. La bioquímica de carbohidratos y el transporte de éstos son particularmente afectados cuando hay deficiencia de fósforo.

Es un nutriente móvil por floema y se observan las deficiencias primero en las hojas viejas, para luego ser redirigido a las hojas jóvenes y desde la “*corteza interna*” hacia brotes en desarrollo. El exceso de fósforo se acumula como fósforo inorgánico en la corteza más interna.

El primer síntoma de deficiencia aparece como pequeñas manchas de color púrpura en la zona internerval de las hojas maduras. El centro de esas manchas se necrosan con típicos colores marrones o blancos. Estos síntomas luego se observan también en las hojas jóvenes. Ante una deficiencia severa; el follaje de los árboles se torna color purpúreo y luego hay defoliación.

Esto puede ocurrir principalmente en *E. grandis* y *E. urophylla*.

En *E. globulus* las manchas necróticas se unen con áreas de tejido muerto con márgenes irregulares muy frecuentemente. Puede ser confundido con daño por frío.

POTASIO

Este elemento cumple una función importante en la estabilización del pH, turgencia y osmoregulación. Se requiere para sintetizar proteínas, carbohidratos y lípidos; es un activador de enzimas, tiene efectos en el eje de crecimiento y en el control de la apertura estomática.

Una deficiencia en plantas provoca una disminución de la síntesis de proteínas y hasta muerte de las células oclusivas. El potasio se mueve libremente por floema, por lo que se exporta desde hojas viejas, donde recién aparecen los síntomas, para luego exportarse a zonas jóvenes. Las deficiencias severas se observan en plántulas, con ápices muertos o enanas



Foto 3: Hojas juveniles y maduras con severas clorosis internervales producto de una deficiencia de Potasio en *E.globulus ssp. maidenii*

Las deficiencias de potasio en Eucalyptus se caracterizan por necrosis o quemaduras en las hojas viejas. El tamaño de las hojas es similar entre sí.

En plántulas de *E. globulus* el primer signo de deficiencia son las quemaduras en el área internerval y marginal, por lo general en tonos de amarillo, manteniendo verdes las nervaduras.

BORO

Las funciones del Boro como elemento en la fisiología vegetal y metabolismo celular aún no están del todo claras. Se puede afirmar que este nutriente es utilizado por las células vegetales en la división celular; crecimiento de las mismas y funciones de las membranas en ápices. Se localiza principalmente en la pared celular.



Foto 4: *E.globulus ssp. maidenii* con ápice necrosado por deficiencia de Boro

Las deficiencias serias de Boro impiden el crecimiento de brotes. Inicialmente existe un cambio de pigmentación en hojas jóvenes y se acumulan pigmentos púrpuras alrededor de los márgenes, provocando finalmente una clorosis. Los amarillamientos pueden extenderse por el margen; internervalmente y sobre el borde entero. Los brotes terminales pueden morir y perder la dominancia apical así como reducir la lignificación de la madera y provocar el vuelco de los mismos.



Foto 5: *E.globulus ssp. globulus* con deficiencia de Boro árboles jóvenes.

Como el Calcio, el Boro es liberado en la corriente transpiratoria hacia el brote, pero no es trasladado por el floema. Así el crecimiento de brotes y raíces es seriamente impedido en árboles con deficiencia de boro.

El Boro es un elemento que en muchos suelos del país se presenta como deficitario. En el caso de los suelos de prioridad forestal, una limitante o deficiencia de este nutriente puede provocar trastornos en el desarrollo y performance sanitaria, principalmente en *Eucalyptus* (*E. globulus ssp globulus*).

Diversas prácticas agrícolas pueden acentuar o generar deficiencia de Boro, tanto por agotamiento del nutriente o como consecuencia de un uso intensivo de cultivos con re fertilizaciones de urea o combinaciones de ternarios de NPK sin microelementos en su composición. Otro factor que convierte a las chacras viejas en suelos con muy probables deficiencias de Boro son las interacciones con macronutrientes. Del mismo modo, se puede afirmar que el Boro es fundamental para la cicatrización de heridas o rajaduras de la corteza. (1) Por lo tanto, árboles que sufran deficiencias en Boro tendrán cicatrizaciones más lentas o deficientes y por lo tanto están más propensos a la infección de hongos patógenos. (1)



Foto 6: Deformación en hojas de *E.globulus ssp. globulus* a causa de una deficiencia de Boro en árboles de dos años.

En *E. grandis*, se observa un cambio de pigmentación en hojas jóvenes, acumulándose pigmentos purpúreos en los márgenes. El amarillamiento o clorosis de hojas puede apreciarse en *E. urograndis* o mantenerse en los márgenes de los ápices foliares como en *E. camaldulensis* y *E. tereticornis*. O presentarse en toda la hoja (menos en la base de ésta) como en *E. globulus* y *E. urophylla*. Algunas hojas pueden presentar junto con la clorosis un enrollamiento a partir de los márgenes (síntoma importante en *E. globulus*).

AZUFRE

El Azufre es un elemento esencial para la formación de proteínas. Está presente en aminoácidos tales como cisteína y metionina. Es un elemento requerido también para la síntesis de tiamina, coenzima A y sulfolípidos. (2)

Se trata de un nutriente pobremente móvil en el floema, lo que trae como consecuencia que los síntomas de deficiencias se visualicen primero en las hojas jóvenes. El síntoma claro de una deficiencia de azufre es la aparición de las hojas jóvenes uniformemente amarillas o verde pálidas; por el declive del contenido de clorofila, para finalmente presentarse totalmente amarillas.

La deficiencia de azufre en *Eucalyptus* se observa en el área internodal; en hojas en crecimiento de color verde pálido. Con el tiempo, ocurre una clorosis general de la hoja (uniformemente amarillas). En *E. grandis*, por ejemplo las hojas pasan a un color rojo pálido y puede existir pérdida o muerte de brotes. Los suelos del Uruguay son raramente pobres en azufre.

COBRE

Gran parte de este elemento se encuentra en la planta como plastocianina de la hoja. Es esencial para la fotosíntesis ya que esta es un componente fundamental de la cadena de transporte de electrones en el fotosistema I y de muchas metaloenzimas como la citocromo oxidasa (activadora de procesos metabólicos basales) y fenolasa (responsable de la lignificación de la madera).

La deficiencia de Cobre afecta el crecimiento y desarrollo de las plantas desde jóvenes. Los síntomas aparecen primero en los brotes apicales (zonas meristemáticas) y se expanden a hojas, las que se observan fundamentalmente recurvadas en las márgenes, pudiéndose desarrollar madera pobremente lignificada. Se asocia directamente con una disminución en el proceso de fotosíntesis. Las ramas pueden verse “pendulosas” en algunas deficiencias en *Eucalyptus*. Es esencial en el normal desarrollo de la madera.



Foto 7: *E. globulus ssp. globulus* con ápices enrollados y necrosados producto de una deficiencia de Cobre en hojas jóvenes. Las hojas se presentan con deformaciones importantes en forma y tamaño.

La deficiencia afecta primero a zonas jóvenes, para luego generalizarse a las ramas laterales las que se muestran “péndulas” y poco lignificadas.

Diferente a la deficiencia de nitrógeno, la senescencia de hojas viejas no es acelerada en árboles con deficiencias de Cobre.

En *E. globulus* y *E. urophylla* las hojas presentan clorosis marginal y algo de necrosis. Los ápices pueden morir y caer.

ZINC

Es constituyente de algunas metaloenzimas, y requerido para la actividad de muchas enzimas y la fotosíntesis. También es requerido para la síntesis de auxinas, hormonas del crecimiento que facilitan la expansión celular.



Foto 8: Secuencia de expansión de hojas de *E.globulus ssp. globulus* con deficiencias de Zinc.

Las deficiencias se manifiestan en una reducción en el tamaño de hojas y acorta entrenudos quizás por su estrecha relación con la síntesis de auxinas, hormona con esta función celular.

El zinc no está preparado para redistribuirse desde las hojas viejas, así los síntomas de deficiencias primero aparecen en las hojas en expansión o jóvenes.

Las deficiencias de Zinc se manifiestan como hojas pequeñas y “enrulladas”. En *E. grandis* las hojas en expansión presentan clorosis internerval pero también pueden aparecer áreas púrpuras e incluso algunas pueden necrosarse.

Algunas necrosis pueden asociarse con la acumulación de grandes cantidades de fósforo en árboles muy fertilizados. Una deficiencia de Zn pueden confundirse por su similar sintomatología con un exceso de este nutriente.

CALCIO

La mayoría del calcio en la planta se localiza en las vacuolas, como oxalato de Calcio y en la pared celular asociada a la formación de pectinas y laminilla media. El Calcio es requerido para mantener estabilidad de la membrana y además es muy importante en la división celular. Tiene un rol importante en la osmorregulación en el balance anión- catión.

No es transportado por floema. El crecimiento de ápices radiculares y brotes, con hojas en expansión son lugares donde se manifiesta a la deficiencia de Calcio. Esto provoca a su vez deformaciones importantes de las hojas principalmente en *E. globulus*. Los puntos de crecimiento mueren y caen. En *E. grandis* los márgenes de las hojas aparecen como quemados.

Los ápices radiculares requieren de Calcio en la rizósfera para un crecimiento normal.

HIERRO

Muchas reacciones celulares se asocian al hierro como catalizador de reacciones redox de *fotosíntesis* y *respiración*. Se asocia a estados oxidados.



Foto 9: Detalle de hoja juvenil de *E. globulus ssp. globulus* con deficiencia de Hierro.

Forma parte de la hemoproteína y de pocas Fe-S proteínas (ferredoxinas) Et hierro es requerido para la *síntesis de clorofila*. No se mueve fácilmente en la planta.

En estados tempranos de desarrollo, la deficiencia de hierro aparece en áreas internervales de hojas en expansión, tornándose amarillentas. A medida que la deficiencia continúa el follaje joven se presenta totalmente amarillo y el color verde “clásico” solo se visualiza en las nervaduras (síntoma más común).

MAGNESIO

La principal función de este elemento es la coordinación del metal en la clorofila. También es requerido para la síntesis de proteínas y activar muchas enzimas, regulación de pH celular y balance catión – anión.

El magnesio se trasloca desde hojas viejas a través del floema. En plantas leñosas es común la aparición de síntomas de deficiencia, clorosis, en hojas maduras. Cuando la deficiencia es severa, los síntomas se extienden al follaje joven.

En *E. globulus* los ápices foliares aparecen como quemados, “arrugados” y amarillentos, lo mismo ocurre en *E. grandis*.

MOLIBDENO

Se requiere para la fijación de Nitrógeno en nódulos radiculares porque este elemento es constituyente de la nitrogenasa y esencial en la acción de la nitrato reductasa.

En plantas que no fijan nitrógeno funciona con la nitrato reductasa, además es el único elemento esencial para Eucalyptus donde el nitrógeno inorgánico se transforma a nitrato.

La deficiencia se observó sólo en plántulas en crecimiento en suelos ácidos en laboratorios, donde el N se transforma a nitrato. Los síntomas de clorosis internerval aparecen primero en hojas jóvenes.

BIBLIOGRAFIA

- 1) DELL; B.; MALAJCZUK; N. and GROVE, T. 1995. Nutrient disorders in plantation Eucalypts. Australian Center For International Agricultural Reserch. Australia. 110 p.
- 2) REALI; P. Ing. Agr. 2000. Daños por Falta de Boro. Disminución de la Rentabilidad Forestal de Eucalyptus globulus ssp. globulus en el Sureste del Uruguay. Revista Forestal N° 15.