



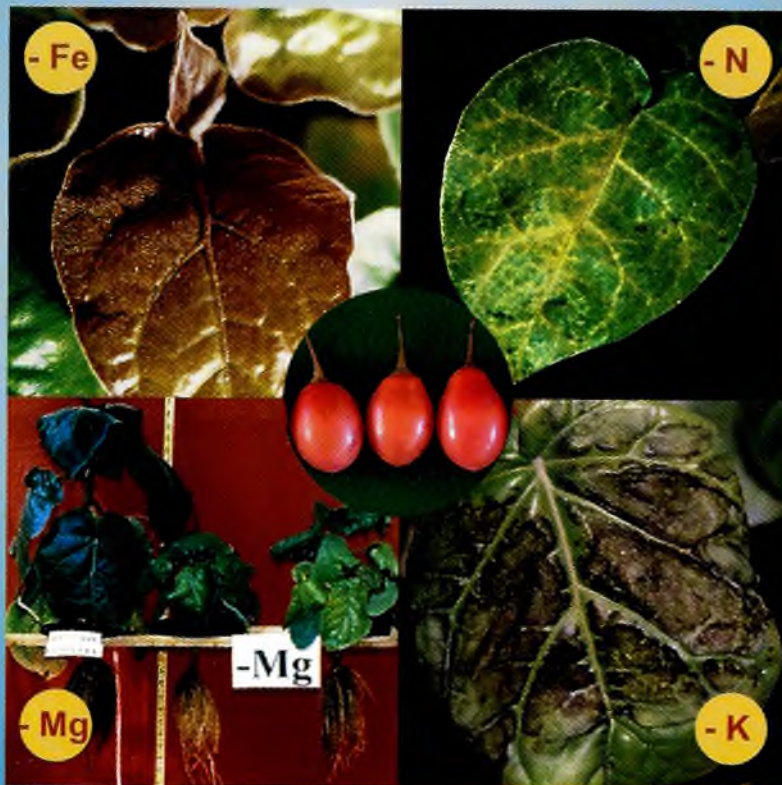
ESTACIÓN EXPERIMENTAL
SANTA CATALINA



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA
PROYECTO 130V-001

PROGRAMA DE FRUTICULTURA
GRANJA EXPERIMENTAL TUMBACO

GUIA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEFICIENCIAS NUTRICIONALES EN TOMATE DE ÁRBOL



Juan León F.
Pablo Viteri D.
Santiago Negrete N.

BOLETÍN TÉCNICO No. 117

QUITO - ECUADOR



INIAP - PROMSA



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

GUÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEFICIENCIAS NUTRICIONALES EN TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum Cav.*)

PROYECTO IQCV 008:

GENERACIÓN Y DIFUSIÓN DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE TOMATE DE ÁRBOL Y BABACO EN LA SIERRA ECUATORIANA.

Ejecución: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias - INIAP. Programa de Fruticultura. GET.

Teléfono: (593) 2371057 – 2373701

Email: frutiniap_granjaeptumbaco-ec.com

Investigador Principal: Juan León Fuentes

Financiamiento: Programa de Modernización de los Servicios Agropecuarios – PROMSA.

Coordinación General: Juan León Fuentes – Pablo Viteri Díaz

Levantamiento de textos: Patricia Salguero

Fotografías: Archivos del Programa de Fruticultura GranjaTumbaco

Diseño, diagramación e impresión: Tecnigrava

Tiraje: 1000 ejemplares

Quito – Ecuador
2004

PRESENTACIÓN

El Ecuador posee gran riqueza de recursos fitogenéticos, que deben ser conservados, estudiados y aprovechados, de tal forma que aporten beneficios tangibles a los sectores relacionados y por consecuencia al país.

Para ello, debe haber una concientización general de la importancia de la investigación agrícola, conocer que ésta es la base para la innovación tecnológica y principal insumo para la transferencia y adopción del conocimiento, que darán lugar a procesos eficientes y la obtención de productos de calidad que puedan ser competitivos en los mercados nacional e internacional.

Para lograrlo, es necesario el apoyo y fortalecimiento de la investigación, a través de políticas claras y programas permanentes que definan el rumbo de ésta y aporten los recursos económicos, para que instituciones especializadas, universidades y el sector privado, hagan realidad los objetivos y metas propuestas, mediante la presentación y ejecución de proyectos.

Consecuentes con lo señalado, el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias – **INIAP**, a través del Programa de Fruticultura de la Granja Experimental Tumbaco, lideró la ejecución del proyecto **“Generación y difusión de alternativas tecnológicas para mejorar la productividad de tomate de árbol y babaco en la sierra ecuatoriana”**, el mismo que fue apoyado económicamente, tanto en la fase investigativa como de difusión por el Programa de Modernización de los Servicios Agropecuarios – **PROMSA**, y hoy como fruto de este trabajo, se pone a consideración de quienes están involucrados en el sector frutícola, esta publicación, que consideramos será una aporte importante para mejorar el manejo de este frutal.

Juan León Fuentes
Director del Proyecto

Pablo Viteri Díaz
Colaborador Principal



INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

CONTENIDO

Presentación	Pag. i
Contenido	ii
I. Introducción	1
II. Nitrógeno	2
III. Fósforo	4
IV. Potasio	6
V. Calcio	8
VI. Magnesio	10
VII. Azufre	12
VIII. Zinc	14
IX. Cobre	16
X. Hierro	18
XI. Manganeseo	20
XII. Boro	22
XIII. Molibdeno	24
XIV. Bibliografía	26

GUÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEFICIENCIAS NUTRICIONALES EN TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum Cav.*)

Juan León F.¹
Pablo Viteri D.²
Santiago Negrete N.³

I. INTRODUCCIÓN

El tomate de árbol se encuentra cultivado en las tierras de clima templado del callejón interandino de Ecuador y Colombia, países que lo explotan comercialmente para el mercado local e internacional.

En el Ecuador, pequeños y medianos productores cultivan esta especie, con rendimientos que oscilan entre 20 y 30 tm/ha/año. Las provincias con mayor superficie de cultivo son Imbabura, Tungurahua y Azuay y en menor proporción, Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo y Loja.

Una de las limitantes de mayor importancia en el manejo del cultivo, está relacionado con la nutrición de las plantas, debido al desconocimiento de los niveles adecuados de los elementos en la planta, lo que conducen a la inadecuada aplicación de fertilizantes por parte del agricultor; esto provoca el apareamiento de síntomas de deficiencia o excesos de macro y micro nutrientes que afectan la productividad del cultivo.

El reconocer la sintomatología que presenta la planta de tomate de árbol e identificar cuál es el elemento que está ocasionando este problema nutrimental, permite con cierta exactitud establecer el momento más oportuno para aplicar fertilizaciones correctivas.

A través de la investigación realizada, utilizando el método del elemento faltante se ha generado una guía de información visual, que es sin duda un ágil mecanismo en la determinación de deficiencias en las plantas de tomate de árbol.

¹ Investigador Principal INIAP. Granja Tumbaco

² Investigador INIAP. Granja Tumbaco

³ Ing. Agr. Tesista. Universidad Central del Ecuador

II. NITRÓGENO

A. FUNCIONES BIOLÓGICAS

El nitrógeno (N), estimula el follaje, el crecimiento del tallo e intensifica el color verde al constituir el 40 o 50% de la materia orgánica del protoplasma de las plantas. Este elemento no solamente, es uno de los constitutivos esenciales de los materiales plásticos necesarios para el crecimiento vegetativo, sino que, además, entra en la composición de la clorofila, de la cual depende la asimilación fotosintética, y de diversas materias fitoregulatoras endógenas.

El nitrógeno en la planta evita la formación de un ácido inhibidor de crecimiento conocido como ABA.

B. CAUSAS QUE INDUCEN LA DEFICIENCIA

- Contenido muy bajo de materia orgánica en el suelo.
- Descomposición incompleta de la materia orgánica.
- Exceso del contenido de humedad en el suelo que ocasiona problemas en la ariación radicular.
- Incorporación de materiales orgánicos con una relación alta carbono/nitrógeno.
- Pérdidas de nitrógeno causadas por lixiviación o desnitrificación.

C. CORRECCIÓN

Las plantas absorben el nitrógeno en forma de iones nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+). La forma nitrata se absorbe más rápidamente del suelo que la forma amoniacal. Sin embargo la planta absorbe por las hojas algo de urea, y pequeñas cantidades de nitrógeno que se obtienen de aminoácidos solubles en agua. El nitrógeno tienen gran movilidad en la planta y su deficiencia se inicia en las hojas viejas y luego se traslada a las hojas jóvenes.

Las principales fuentes de nitrógeno constituyen:

Urea:	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	46 % de N
Nitrato de amonio:	$\text{NH}_4 \text{NO}_3$	34 % de N
Sulfato de amonio:	$(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$	21% de N y 24 % de S

El rango adecuado de este nutriente en el análisis foliar es de 3.5 a 4.3 %



Foto 1. Deficiencia de nitrógeno comparado con testigo óptimo, plantas pequeñas amarillentas



Foto 2. Clorosis generalizada en hojas bajas



Foto 3. Muerte de las plantas con deficiencia de nitrógeno

D. DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE NITRÓGENO (N)

- Disminución severa del desarrollo, sobre todo de la parte aérea, y luego muerte de la planta.
- Clorosis venal amarillo - verdoso pálido en hojas más viejas, que se expande desde la nervadura central hacia los bordes, los que se tornan cloróticos.
- Hojas jóvenes verdes pero pequeñas y arrugadas; bordes y puntas torcidas hacia el envés.
- Al acentuarse la deficiencia la clorosis se generaliza; las hojas ya cloróticas son pequeñas y redondeadas, se necrosan y desprenden de la planta con facilidad.
- Desarrollo de las raíces más en longitud, que en volumen.

III. FÓSFORO

A. FUNCIONES BIOLÓGICAS

El fósforo en la planta es un componente vital en los procesos de transformación de la energía solar en alimento. Desempeña funciones claves en la fotosíntesis, en el metabolismo de los azúcares, en el almacenamiento y transferencia de la información genética. Además promueve la formación inicial y el desarrollo de la raíz, el crecimiento de la planta y la formación de la semilla.

Contribuye para aumentar la resistencia de la planta a algunas enfermedades. Ayuda al cultivo a soportar bajas temperaturas y la falta de humedad.

B. CAUSAS QUE INDUCEN DEFICIENCIA

- Contenido muy bajo de fósforo en el suelo.
- Variaciones extremas de pH en el suelo.
- Altas relaciones N+K/P en la fertilización.
- Condiciones muy secas y/o muy húmedas.

C. CORRECCIÓN

La planta absorbe el fósforo como ion ortofosfato primario (H_2PO_4^-) o como ion ortofosfato secundario (HPO_4^{2-}); el primero es de mayor utilización que el segundo. Dentro de la planta posee gran movilidad. La cantidad de fósforo disponible en el suelo puede ser del 1% o menos de la cantidad total existente.

Las principales fuentes de fósforo constituyen:

Super fosfato normal:	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4) + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	22 % de P_2O_5 , 28 % de CaO y 12 % de S
Super fosfato triple:	$3\text{HPO}_4\text{Ca}$	46% de P_2O_5 y 13% de Ca
Fosfato diamónico (18-46-00):	$\text{PO}_4\text{H}(\text{NH}_4)_2$	46% de P_2O_5 y 18% de N

El rango adecuado de este nutriente en el análisis foliar es de 0.2 a 0.3 %



Foto 4. Deficiencia de fósforo comparado con testigo óptimo



Foto 5. Clorosis generalizada con puntuaciones verdosas



Foto 6. Necrosamiento de la base de la hoja y muerte del pecíolo

D. DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE FÓSFORO (P)

- Reducción severa del crecimiento de la parte aérea y radicular.
- Afecta primero a las hojas bajas, que presentan clorosis amarillo claro en los bordes y el ápice, dirigiéndose hacia el interior, quedando puntos verde claro de menos de 1 mm, entre la nervadura principal y las secundarias.
- Los pecíolos de las hojas intermedias se marchitan, el tejido se necrosa desde la base de la hoja hacia el ápice; las hojas se desprenden del tallo sin marchitarse totalmente. Las hojas jóvenes y brotes son de color verde intenso brillante, éstas comienzan a corrugarse y se tornan de apariencia gruesa.
- El crecimiento radicular se detiene tornándose de un color café oscuro.

IV. POTASIO

A. FUNCIONES BIOLÓGICAS

La función básica del potasio es la de facilitar el rápido flujo de los productos de fotosíntesis dentro de la planta (floema), promoviendo de esta manera el almacenamiento de estos compuestos en órganos como las semillas, los tubérculos y frutas. La investigación básica ha demostrado que la tasa de transporte de agua y nutrientes en el interior de tejidos conductores (xilema) se incrementa por efecto de un alto suplemento de potasio. Entre las funciones que se le atribuye a este elemento es la de otorgar cierta tolerancia al estrés producido por cambios climáticos y condiciones desfavorables.

Estimula la cantidad y extensión de la ramificación radicular, además, la elongación, la turgencia y la tasa de regeneración de la raíz. El potasio puede mejorar la tolerancia de la planta tanto a temperaturas muy altas como muy bajas.

El potasio es a menudo descrito como “el elemento de la calidad” en la producción de cultivos, debido a la mejor utilización del nitrógeno, y el incremento en la producción de proteínas; en el mayor tamaño de los granos, semillas, frutas y tubérculos; a la mejor forma de las semillas y tubérculos; al mayor contenido de jugo, al incremento del contenido de vitamina C, mejor color de las frutas; uniformidad y maduración más rápida de frutas, vegetales y otros cultivos; resistencia a lastimaduras y daño físico en el transporte y almacenamiento.

B. CAUSAS QUE INDUCEN LA DEFICIENCIA

- Bajo contenido de potasio en el suelo, en especial en suelos arenosos.
- Desbalances con calcio y magnesio que desfavorecen la disponibilidad de potasio.
- Períodos de déficit hídricos en áreas sin riego o donde el riego se maneja inadecuadamente.
- Baja absorción del potasio por daños radiculares causados por nemátodos u otros problemas fitosanitarios.

C. CORRECCIÓN

El potasio es absorbido por las plantas en forma de iones potasio (K^+) y tiende a permanecer en la forma iónica en las células y tejidos. Además el potasio en la planta es un elemento móvil, por lo que su deficiencia se inicia en hojas de más edad.

Las principales fuentes de potasio constituyen:

Muriato de potasio o		
Cloruro de potasio:	KCl	60 % K_2O y 47 % de Cl
Sulfato de potasio:	$K_2(SO_4)$	50 % K_2O y 18 % de S
Nitrato de potasio:	$K(NO_3)$	24 % K_2O y 13 % de N
Sulfato de potasio y magnesio:	$K_2SO_4 - 2 MgSO_4$	22 % K_2O , 11 % Mg y 22 % de S

El rango adecuado de este nutriente en el análisis foliar es de 4 a 5 %.



Foto 7. Deficiencia de potasio comparado con testigo óptimo



Foto 8. Lesiones iniciales paralelas a las nervaduras e irregularidades en hojas



Foto 9. Necrosamientos intervenales a manera de quemazones

D. DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE POTASIO (K)

- Inicialmente las hojas bajas se ponen duras y gruesas. Presencia de manchas de 2 o 3 mm a manera de quemazones paralelas a la nervadura central y secundarias; estos puntos se unen a otros formando zonas mayores que invaden el tejido entre las nervaduras sin afectarlas, con lesiones a manera de costras que se parten, provocando la ruptura de las hojas.
- Enrollamiento en hojas intermedias desde la punta hacia el envés, la superficie presenta irregularidades en forma de bolsas. Se producen daños en los pecíolos de las hojas y la superficie de los tallos, a manera de costras, similares a las descritas en las hojas bajas.
- Reducción de crecimiento radicular. Emisión desordenada de brotes radiculares.

V. CALCIO

A. FUNCIONES BIOLÓGICAS

El calcio ayuda a convertir el N-nitrato en compuestos necesarios para la formación de proteínas, activa un gran número de sistemas enzimáticos que regulan el crecimiento de la planta. Es necesario para la formación de la pared celular y para la división normal de la célula; junto con el magnesio (Mg) y el potasio (K), ayuda a neutralizar los ácidos orgánicos en la planta, producidos por la respiración.

El calcio desarrolla un papel fundamental en la estabilidad de la membrana y en la integridad celular, pues las altas concentraciones de este elemento inhiben la actividad de las poligalacturonasas, responsables de la degradación de los pectatos.

Desarrolla una actividad antagonista con el potasio, favoreciendo la reducción de volumen del plasma, incrementando la transpiración y reduciendo la absorción del agua. Elevadas cantidades de este elemento son requeridas por la planta durante la formación del polen.

El calcio es un ingrediente mayor en la pared celular y es importante para el crecimiento de la raíz; interviene además como constituyente de la pared de las células intermedias de la lamela, que son ricas en pectato de calcio.

B. CAUSAS QUE INDUCEN LA DEFICIENCIA

- Suelos muy ácidos donde el pH es muy bajo.
- Suelos arenosos con contenidos muy bajos de calcio.

C. CORRECCIÓN

La planta absorbe el calcio como ion Ca^{++} y una vez depositado en los tejidos de las plantas, no se mueve, por ello los tejidos jóvenes son los primeros en ser afectados en el caso de la deficiencia de este nutriente.

Las principales fuentes de calcio constituyen:

Cal (Carbonato de Calcio):	$CaCO_3$	56 % de CaO.
Yeso:	$CaSO_4 \cdot 2 H_2O$	32 % de CaO y 18 % de S
Cal dolomítica:	$CaCO_3 + MgCO_3$	22 % de Ca
Super fosfato normal:	$Ca(H_2PO_4) + CaSO_4 \cdot 2H_2O$	28 % de CaO, 22 % de P_2O_5 y 12 % de S.
Super fosfato triple:	$Ca(H_2PO_4)_2$	19 % de CaO y 46 % de P_2O_5

El rango adecuado de este nutriente en el análisis foliar es de 1.20 a 2,00 %.



Foto 10. Deficiencia de calcio comparado con testigo óptimo



Foto 11. Hoja punta de flecha y muerte descendente



Foto 12. Decoloraciones blanquecinas

D. DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE CALCIO (Ca)

- Reducción severa del desarrollo, en raíces, tallos y hojas. Muerte de la planta.
- Los primeros síntomas se observan en brotes y meristemas apicales, incluyendo también a las hojas jóvenes; enrollamiento de los bordes laterales hacia el haz, el brote terminal forma una punta en forma de flecha, manchas color amarillo – blanquecino hacia la base de la hoja.
- Muerte del meristema apical y la parte joven de la planta, clorosis de las hojas bajas.
- Hojas muy frágiles y quebradizas; al envés de la hoja y sobre la nervadura central se observan lesiones a manera de cortes longitudinales.
- El sistema radicular deja de emitir nuevos brotes y muere.

VI. MAGNESIO

A. FUNCIONES BIOLÓGICAS

El magnesio en la planta es de vital importancia, puesto que el átomo central de la molécula de clorofila es el magnesio. Cumple, además, una función esencial en la síntesis proteica, haciendo de puente en la agregación de las subunidades ribosomales.

Participa, también, en la formación de varios pigmentos e influye en la actividad de las fosfatasa implicadas en la formación de los ésteres fosfóricos de los azúcares.

El magnesio, localizado sobre todo en los órganos verdes, entra en la composición de la molécula clorofílica, participa en los procesos de absorción y traslocación del fósforo y de asimilación del nitrógeno. Juntamente con el calcio, entra en la composición de sustancias pécticas contenidas en los frutos y en los constitutivos de la membrana celular.

Interviene en los mecanismos de resistencia de los tejidos, cuando hay deficiencias hídricas. Se moviliza de tejidos viejos a nuevos para intervenir en los crecimientos.

B. CAUSAS QUE INDUCEN LA DEFICIENCIA

- Suelos con un nivel muy bajo de magnesio.
- Suelos con un contenido muy alto de calcio.
- Suelos ácidos, muy arenosos y lavados.
- Desbalance en las relaciones Ca/Mg, K/Mg, desfavorecen la disponibilidad del Mg.
- Periodos de déficit hídricos en áreas sin riego o donde el riego se maneja inadecuadamente.

C. CORRECCIÓN

Las plantas absorbe este elemento en forma de ion magnesio (Mg^{++}), dentro de la planta posee gran movilidad, por lo que las deficiencias se inician en hojas viejas.

Las principales fuentes de magnesio constituyen:

Oxido de magnesio:	MgO	20 % de MgO
Sulfato de magnesio:	Mg SO ₄	16% de MgO y 13 % de S
Cales magnésicas (dolomita):	MgCO ₃ + CaCO ₃	14-20 % MgO
Sulfato de potasio y magnesio:	K ₂ SO ₄ - 2 MgSO ₄	11 % Mg, 22 % K ₂ O y 22 % de S

El rango adecuado de este nutriente en el análisis foliar es de 0.32 a 0.42 %



Foto 13. Deficiencia de magnesio comparado con testigo óptimo



Foto 14. Clorosis internerval a manera de V invertida



Foto 15. Deformación foliar y necrosamientos de los ápices de las hojas

D. DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE MAGNESIO (Mg)

- Clorosis internerval verde amarillento de hojas bajas, desde la base a manera de V invertida, nervaduras y bordes permanecen de color verde intenso.
- Enrollamiento severo de los bordes, desde el haz hacia el envés, en todas las hojas, sobre todo en las intermedias y superiores. La planta se torna clorótica en general; posteriormente los bordes de las hojas comienzan a necrosarse desde el ápice de la hoja y de la base hacia el centro. Las hojas se hacen coriáceas y totalmente deformes y en el envés las nervaduras se muestran de color rojizo.
- A pesar del daño en la parte aérea el sistema radicular sigue desarrollándose y emitiendo nuevos brotes y su volumen aumenta considerablemente.

VII. AZUFRE

A. FUNCIONES BIOLÓGICAS

El azufre es reconocido, al igual que el N, P y K, como un nutriente-llave, importante en el desarrollo de los cultivos. Es necesario para la formación de aminoácidos y de proteínas, para la fotosíntesis y para la resistencia al frío.

El azufre está presente en las plantas arbóreas en cantidad elevada, parecida a la de fósforo y magnesio. Algunos de sus compuestos participan activamente en los procesos de óxido-reducción a nivel celular, y se halla en estrecha relación con el metabolismo del nitrógeno (reducción de los nitratos, síntesis de proteínas, etc.) y con el de los hidratos de carbono. El azufre figura entre los catalizadores en la formación de la clorofila.

B. CAUSAS QUE INDUCEN LA DEFICIENCIA

- Suelos con bajo contenido de azufre, generalmente suelos livianos o con bajo contenido de materia orgánica.
- Suelos ácidos muy lavados.
- Suelos muy húmedos.
- Suelos con pH muy bajo.

C. CORRECCIÓN

Las plantas toman el azufre en forma de ion sulfato (SO_4)⁻². También puede ingresar por las hojas en forma de dióxido de azufre SO_2 , presente en el aire. El azufre en la planta es inmóvil y su deficiencia aparece en los sitio de crecimiento nuevo.

Las principales fuentes de azufre constituyen:

Sulfato de amonio:	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	23% de S y 21 % de N
Sulfato de potasio y magnesio:	$\text{K}_2\text{SO}_4 - 2 \text{MgSO}_4$	11 % Mg, 22 % K_2O y 22 % de S
Sulfato de potasio:	$\text{K}_2(\text{SO}_4)$	18 % de S y 50 % de K_2O
Super fosfato normal:	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4) + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	12 % de S, 22 % de P_2O_5 y 28% de CaO
Azufre elemental:	S	99 % de azufre

(Es acidificante, recomendándose 3 kg de calcio para neutralizar la acidez originada por 1 kg de S.)

El rango adecuado de este nutriente en el análisis foliar es de 0.25 a 0.35 %



Foto 16. Deficiencia de azufre comparado con testigo óptimo



Foto 17. Clorosis generalizada con puntos verde claros



Foto 18. Lesiones necróticas con halo amarillento e irregularidades a manera de estrías en hojas intermedias

D. DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE AZUFRE (S)

- Clorosis internerval verde – amarillento en hojas bajas, en forma de manchas de color amarillo verdoso claro, desde las puntas y bordes hacia la base y el centro de las hojas. Finalmente la clorosis se generaliza en toda la hoja incluyendo las nervaduras, pero se mantienen un grupo de puntuaciones (> 1 mm) de color verde claro.
- Clorosis generalizada verde amarillento hacia las hojas intermedias y superiores
- Lesiones necróticas sin forma definida, con un halo amarillento que se unen a otras, dando lugar a zonas necróticas de mayor tamaño, estas lesiones aparecen hacia el ápice de la hoja y hacia los bordes, avanzando paulatinamente hasta la base de la hoja.
- Sobre la superficie de las hojas intermedias se observa irregularidades a manera de estrías.
- El crecimiento radicular se reduce notablemente a medida que progresa la deficiencia y la emisión de nuevos brotes es mínima.

VIII. ZINC

A. FUNCIONES BIOLÓGICAS

El zinc es esencial para muchos sistemas enzimáticos de la planta. Este controla la producción de importantes reguladores de crecimiento que afectan el nuevo crecimiento y el desarrollo.

Está implicado en la síntesis del triptófano, precursor clave de las auxinas. Estimula diversas actividades enzimáticas de los vegetales (fosfatasas, descarboxilasas, etc.), el metabolismo nitrogenado y la formación de los pigmentos flavónicos y del ácido ascórbico. Es un antagonista biológico, además de químico, del hierro. Cobre y magnesio son a menudo sinérgicos del zinc.

El zinc asume esencialmente funciones catalíticas, como componente de enzimas que regulan la síntesis de los aminoácidos y el metabolismo de las sustancias proteicas.

B. CAUSAS QUE INDUCEN LA DEFICIENCIA

- Suelos nivelados con exposición del subsuelo.
- Suelos con pH muy alto y/o alto contenido de carbonato de calcio.
- Contenido de fósforo muy alto.
- Suelos muy húmedos.
- Suelos ácidos muy lavados y con alto contenido de arena.

C. CORRECCIÓN

Las plantas absorben el zinc como ion Zn^{++} y es inmóvil dentro de la planta. En suelos muy ácidos el Zn puede llegar a alcanzar niveles tóxicos, aunque suceda raras veces; también puede sufrir una lixiviación profunda, dejando empobrecido el suelo.

Las principales fuentes de zinc constituyen:

Sulfato de zinc heptahidratado	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	23 % de Zn
Sulfato de zinc monohidratado	$ZnSO_4 \cdot H_2O$	35 % de Zn
Quelato de zinc	$Na_2Zn EDTA$	9-14% de Zn

El rango adecuado de este nutriente en el análisis foliar es de 25 a 32 ppm.



Foto 19. Deficiencia de Zinc comparado con testigo óptimo



Foto 20. Deformación de hojas jóvenes en forma de "Hoz o Caparazón"

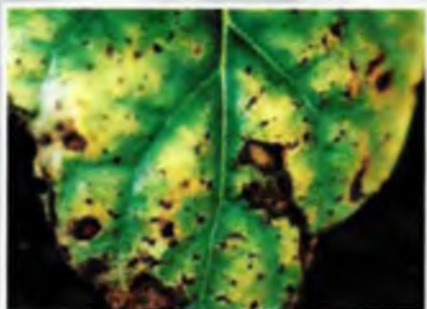


Foto 21. Lesiones necróticas en hojas bajas e intermedias

D. DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE ZINC (Zn)

- Afecta al desarrollo normal de la planta, detiene el crecimiento en altura, la distancia internodal se acorta, mientras que en la base del tallo se observa un incremento en el diámetro.
- Aparecen primero en las hojas más jóvenes pero posteriormente se generaliza. Las hojas jóvenes y los brotes muestran un color verde oscuro intenso, con los bordes doblados hacia el envés asemejándose a una hoz o a un caparazón.
- En las hojas bajas se observa una clorosis internerval con decoloraciones amarillo-verdosas entre las nervaduras, a manera de bandas o franjas que recorren entre las nervaduras.
- Deformación de las hojas jóvenes, las nervaduras se hacen muy gruesas y sobresalientes.
- Clorosis internerval en las hojas bajas e intermedias, con lesiones necróticas hacia el ápice y los bordes generalizándose hacia toda la hoja. Estas lesiones necróticas se asemejan a las lesiones presentadas en la deficiencia de azufre pero éstas son más concéntricas.
- Los nuevos brotes emitidos en las raíces secundarias comienzan a incrementar su diámetro y su apariencia se asemeja a los dientes de un peine.

IX. COBRE

A. FUNCIONES BIOLÓGICAS

El cobre es importante como coenzima, necesaria para activar diversas enzimas vegetales. También se halla implicado en la formación de la clorofila. Cobre y hierro están íntimamente relacionados, así el exceso de Cu da lugar a síntomas cloróticos semejantes a los que indican deficiencia de hierro.

Muchas enzimas con diversas propiedades y funciones (tirosinas, ascórbico-oxidasas, mono y diamino oxidasas), son activadas por este nutriente. Estabiliza la clorofila, participa en el metabolismo de las proteínas, de los carbohidratos y en la fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico (N₂) en las leguminosas.

El cobre entra en la composición de enzimas como la polifenoloxidasas y tiene funciones catalíticas en los procesos de oxidoreducción. Juntamente con el hierro y el boro influyen en la biosíntesis de los fenoles, cuya importancia es notable para las plantas frutales. A pesar de ser conocida su participación en el proceso fotosintético, su carencia no siempre provoca apreciables fenómenos de clorosis foliar.

B. CAUSAS QUE INDUCEN LA DEFICIENCIA

- Suelos con pH muy bajo o muy alto.
- Suelos arenosos ácidos muy lavados.
- Altas aplicaciones de cal agrícola.
- Suelos con alto contenido de calcio.
- Suelos con alto contenido de materia orgánica.

C. CORRECCIÓN

Las plantas absorben el elemento en forma de iones cuprosos (Cu⁺) y cúpricos (Cu⁺⁺). El Cobre puede ser tóxico aún en bajos niveles, por lo que se recomienda aplicarlo salvo que sea estrictamente necesario. Este nutriente es relativamente inmóvil en la planta y en caso de deficiencia los síntomas aparecen primero en las hojas jóvenes.

Las principales fuentes de cobre son:

Sulfato de cobre:	CuSO ₄ · 5H ₂ O	25 % de Cu
Quelato de cobre:	Na ₂ Cu EDTA	13 % de Cu

El rango adecuado de este nutriente en el análisis foliar es de 20 a 25 ppm.



Foto 22. Deficiencia de cobre comparado con testigo óptimo



Foto 23. Clorosis amarillenta desde los bordes hacia el centro en hojas bajas



Foto 24. Flaccidez en las hojas y apariencia de quemazón, bordes de la base doblados hacia el haz

D. DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE COBRE (Cu)

- Flacidez generalizada, decaimiento en todas las hojas de la planta, muy suaves al apretarlas.
- Clorosis en los contornos de hojas bajas en los contornos y va expandiéndose hacia el centro, dejando apenas pequeñas manchas de color verde claro, posteriormente y sobre las hojas intermedias se ve una coloración café verdosa y las hojas totalmente decaídas comienzan a doblar los bordes de la base de la hoja hacia el haz.
- Las hojas jóvenes y brotes mantienen una coloración verde intensa
- Emisión desordenada de nuevos brotes desde el cuello de la raíz.

X. HIERRO

A. FUNCIONES BIOLÓGICAS

El hierro sirve como catalizador en la formación de la clorofila y transporte de oxígeno. Este es esencial para la síntesis de proteínas y ayuda a formar algunos sistemas respiratorios enzimáticos. Tiene funciones en la respiración de la planta, en la fotosíntesis y en la transferencia de energía.

El hierro constituyente de las metalo-proteínas (ferrosulfoproteínas, citocromos de tipo B y C, citocromos oxidadas, catalasas, peroxidadas, mono y di-oxigenasas) y como tal ejerce la función de catalizador de los procesos respiratorios y de la formación de la clorofila (síntesis de las porfirinas).

B. CAUSAS QUE INDUCEN LA DEFICIENCIA

- Suelos con pH muy alto.
- Suelos con pobre aireación.
- Altas aplicaciones de cal agrícola.

C. CORRECCIÓN

El hierro es absorbido como ion ferroso (Fe^{++}) en cantidades pequeñas debido a la baja solubilidad de la mayoría de sus compuestos en estado trivalente. Este microelemento posee relativa inmovilidad en la planta.

Las principales fuentes de hierro constituyen:

Sulfato ferroso	$FeSO_4 \cdot 7 H_2O$	20 % de Fe
Quelatos de hierro:		
	FeEDTA	9 – 12 % de Fe
	FeEDDHA	6 % de Fe
	FeDPTA	10 % de Fe

El rango adecuado de este nutriente en el análisis foliar es de 100 a 150 ppm.



Foto 25. Deficiencia de hierro comparado con testigo óptimo



Foto 26. Coloración púrpura rojizo de los brotes y hojas jóvenes



Foto 27. Cambio de coloración a dorado brillante en las hojas jóvenes

D. DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE HIERRO (Fe)

- Reducción severa del crecimiento.
- Se presentan en los brotes y las hojas más jóvenes, los brotes son de color púrpura intenso, las hojas jóvenes presentan una mezcla de colores donde la base es púrpura y el ápice es verde oscuro intenso.
- Cuando la deficiencia se acentúa, en las hojas jóvenes los bordes son de color rojizo, mientras que al interior el color púrpura se va tornando en dorado, con un brillo muy particular e intenso.
- Las hojas bajas se desprenden y la planta comienza a perder los tonos intensos que tenía anteriormente y se ve una clorosis generalizada.
- Desarrollo limitado del sistema radicular.

XI. MANGANESO

A. FUNCIONES BIOLÓGICAS

El manganeso funciona principalmente como parte de los sistemas enzimáticos de la planta. Funciona en varios procesos importantes como la fotosíntesis y la conversión del N-nitrato en la forma que la planta usa para hacer aminoácidos y proteínas.

La síntesis de la clorofila que da el color verde típico de las plantas, depende del manganeso. Por causa de esta función, los síntomas de deficiencia de Mn generalmente involucra amarillamiento de la hoja o clorosis.

El manganeso obra como activador de los fenómenos óxido-reductores en los tejidos (metabolismo de las auxinas), interviene en el quimismo de la fotosíntesis y de la respiración y en la asimilación del nitrógeno.

Es un activador de enzimas y funciona como regulador de la cantidad de hierro en estado ferroso para disminuir su toxicidad.

B. CAUSAS QUE INDUCEN LA DEFICIENCIA

- Suelos con pH muy alto (alcalinos), en especial si tienen textura arenosa.
- Altas aplicaciones de cal agrícola.
- Suelos orgánicos.

C. CORRECCIÓN

Las plantas absorben el manganeso como ion manganoso (Mn^{++}). No se transloca en el interior de los tejidos de la planta.

Las principales fuentes de manganeso constituyen:

Sulfato manganoso hidratado	$MnSO_4 \cdot (n H_2O)$	24 – 28 % de Mn
Quelato de manganeso	Mn EDTA	10 – 12% de Mn

El rango adecuado de este nutriente en el análisis foliar es de 100 a 150 ppm.

D. DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE MANGANESO (Mn)



Foto 28. Deficiencia de manganeso comparado con testigo óptimo

- Leve deformación sobre la superficie de las hojas bajas a manera de ondas, y un amarillamiento en forma de manchas o parches hacia los bordes de las hojas, el resto de la hoja es de color verde intenso.
- Los brotes poseen una mezcla entre verde oscuro intenso y un verde rojizo intenso.
- El color del tallo hacia la base es verde claro y el ápice es verde rojizo.
- El sistema radicular no presenta alteraciones visibles.

XII. BORO

A. FUNCIONES BIOLÓGICAS

El boro es esencial para el crecimiento de las células, principalmente en las regiones más nuevas de la planta como yemas y puntas de las raíces. También interviene en la polinización, desarrollo de las semillas, formación de la pared celular, floración y cuajado de las flores; formación de nódulos en las leguminosas, crecimiento de las ramas y frutos; el total funcionamiento de la planta depende del boro, casi siempre "ayudado" por el calcio. Otro papel del boro es la formación de proteínas.

El boro se encuentra en la planta en pequeñas cantidades, concentradas especialmente en las partes jóvenes que contienen aproximadamente el doble que las viejas. Las raíces contienen mucho menos que las hojas.

Tiene un efecto estabilizante en los complejos Ca^{2+} de la laminilla media y es capaz de influir en algunos procesos fisiológicos que se encuentran bajo el control hormonal (floración, fructificación, germinación de polen).

Además, está implicado en actividad de las membranas y por ende en la transferencia de los azúcares en el interior de la planta. Influye en el alargamiento del tubo polínico y en consecuencia la fecundación del ovario.

El boro ayuda en la planta a la succión de agua por las células. También tiende a guardar calcio en una forma soluble.

B. CAUSAS QUE INDUCEN LA DEFICIENCIA

Épocas de fuertes sequías.

- Suelos con pH muy bajo o muy alto.
- Suelos lateríticos (rojos y/o amarillos muy arenosos)
- Contenido de menos de 0.5 ppm de boro en el suelo.
- Altas aplicaciones de cal agrícola.
-

C. CORRECCIÓN

El boro es el único microelemento no metálico, absorbido por la planta en forma de ion borato (BO_3^-), una vez que este elemento es asimilado dentro de la planta no tiene movilidad, razón por la cual debe ser suministrado continuamente en las zonas de crecimiento.

Las principales fuentes de boro constituyen:

Borax:	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$	11 % de B
Acido bórico:	H_3BO_3	17 % de B

El rango adecuado de este nutriente en el análisis foliar es de 20 a 30 ppm.



Foto 29. Deficiencia de boro comparado con testigo óptimo



Foto 30. Muerte del meristema apical



Foto 31. Super brotación hacia la base del tallo, hojas coriáceas y redondeadas

D. DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE BORO (B)

- Aparecen en la parte terminal de las plantas. Cambio de color de los brotes nuevos, del rojizo púrpura al café negruzco; las hojas jóvenes enrollan los bordes de la base de la hoja hacia el haz y se presentan pequeñas manchas oscuras.
- Muerte del meristema apical que se necrosa y se desprende de la planta. Simultánea a la muerte del meristema apical las hojas tanto bajas como intermedias se tornan gruesas y coriáceas, redondeadas y más brillantes.
- Brotación de un gran número de yemas axilares en la base del tallo, las cuales mueren al poco tiempo. Las hojas intermedias presentan una clorosis internerval progresiva desde el ápice hacia la base de las hojas.
- Interfiere drásticamente con el desarrollo normal de las raíces.

XIII. MOLIBDENO

A. FUNCIONES BIOLÓGICAS

El molibdeno es uno de los nutrientes esenciales para todas las plantas. Algunos pocos gramos de Mo por hectárea son capaces de corregir deficiencias que limitan la producción.

El molibdeno es necesario para la síntesis y activación (funcionamiento) de la reductasa del nitrato, una enzima que reduce el nitrato en la planta.

Es también requerido para la fijación simbiótica de N por las bacterias que viven en los nodulos de las raíces de las leguminosas. Representa, además, un elemento esencial para la síntesis de la clorofila.

B. CAUSAS QUE INDUCEN LA DEFICIENCIA

- Los suelos arenosos son más propensos a presentar deficiencia de molibdeno.
- Alta fertilización azufrada.
- Terrenos con suelos ácidos.

C. CORRECCIÓN

Las plantas absorben el molibdeno como ion molibdato (MoO_4^{++}). A diferencia de los otros microelementos resulta fácilmente asimilable en los terrenos alcalinos.

Las principales fuentes de molibdeno constituyen:

Molibdato de sodio:	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	39 % de Mo
Molibdato de amonio:	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	54 % de Mo
Quelato de molibdeno:	Mo EDTA	10 % de Mo



Foto 32. Deficiencia de molibdeno comparado con testigo óptimo



Foto 33. Flacidez generalizada y agobio de las hojas en la deficiencia de molibdeno

D. DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE MOLIBDENO (Mo)

- Agobio de las hojas bajas e intermedias durante las horas de mayor temperatura, luego de lo cual las plantas vuelven a restablecerse.
- Ligeras ondulaciones sobre la superficie de las hojas jóvenes. Clorosis de las hojas bajas a manera de manchas que se ubican hacia el centro de la hoja, y luego se expande hacia los bordes involucrando también a las nervaduras. Las hojas cloróticas presentan necrosamientos que comienzan desde el ápice.
- Disminución generalizada en el desarrollo de las raíces. Las raíces secundarias son gruesas, mal formadas y con crecimiento desordenado.

XIV. BIBLIOGRAFÍA

1. CORPOICA, SENA, et al. 1 997 (Col). Deficiencias nutricionales y recomendaciones de fertilización en el cultivo de plátano (*Musa AAB Simonds*) de la Orinoquia Colombiana.
2. COSMOAGRO, Palmira (Col.). 1 999. Función, sintomatología y niveles correctivos de nutrientes en diversos cultivos. Palmira. 1 p.
3. GARCÍA, A. 1 993. Sintomatología de las deficiencias nutricionales en Cacao. ICA. 223: 19.
4. IDEA BOOKS S.A. 1 997. Biblioteca de la agricultura. Barcelona. pp. 83 – 95
5. INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FÓSFORO. 1 999. Potasa, su necesidad y uso en la agricultura moderna. Saskatchewan. pp. 8 – 23.
6. LALATTA, F. 1 998. Fertilización de árboles frutales. Barcelona, CEAC. pp. 9 – 27, 35 – 37, 46 – 50.
7. LOPEZ, A.; VARGAS, A; et al. 2 001. Guía de campo. Síntomas de deficiencias nutricionales y otros desórdenes fisiológicos en el cultivo del banano (*Musa AAA*). CORBANA – INPOFOS.
8. MARTÍNEZ, A. 2 001. Estudio de la condición nutrimental en cuatro provincias y caracterización del sistema radicular del tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*). Tesis Ing. Agr. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. 127 p.
9. NEGRETE, S. 2 001. Determinación de las deficiencias nutrimentales en el tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*) mediante el método del elemento faltante. Tesis Ing. Agr. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. 260 p.
10. NUTRI-FATOS; informação agrônômica sobre nutrientes para as culturas. 1 996. Informações Agronômicas (Bra.), No. 73. Arquivo do Agrônomo No. 10: 1 – 24.
11. PÉREZ, D. 1 996. Principales causas de las deficiencias nutricionales de los cultivos. FERSAN INFORMA. 67: 73 – 75.
12. RICHARDSON, A; DAWSON, T. 1 994. Tamarillo Nutrición Estudio de la fertilización en el cultivo del tomate de árbol en Nueva Zelanda. Kerikeri Research Centre. www.sica.gov.
13. VALAGRO. 1 999, Los microelementos en la nutrición vegetal, aspectos generales; absorción y sintomatología de carencia. Piazzano Di Atessa. 1: 4, 9 – 15; 2: 2 – 24.



**PARTE DEL EQUIPO QUE COLABORÓ EN LA INVESTIGACIÓN
Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA DEL PROYECTO IQ-CV-008
INIAP - PROMSA - MAG**

**PUBLICACIÓN DEL CONVENIO
INIAP - PROMSA - MAG**

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina