



ESTACIÓN EXPERIMENTAL
SANTA CATALINA

PROGRAMA DE FRUTICULTURA

GRANJA EXPERIMENTAL TUMBACO

Juan León F.
Pablo Viteri D.
Alvaro Mejía C.

GUÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEFICIENCIAS NUTRICIONALES EN BABACO



DEFICIENCIA DE
POTASIO



DEFICIENCIA DE
NITRÓGENO



DEFICIENCIA DE
MANGANESO

QUITO - ECUADOR
2004

BOLETÍN TÉCNICO No. 118



INIAP - PROMSA



**GUIA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEFICIENCIAS NUTRICIONALES EN
BABACO (*Vasconcella x heilbornii* nm.pentágona)**

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

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

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. Manganeso	20
XII. Boro	22
XIII. Molibdeno	24
XIV. Bibliografía	26

GUÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEFICIENCIAS NUTRICIONALES EN BABACO

(*Vasconcella x heilbornii* nm. *pentágona*)

Juan León F.¹
Pablo Viteri D.²
Alvaro Mejía C.³

I. INTRODUCCIÓN

El babaco (*Vasconcella x heilbornii* nm. *pentágona*) es una especie originaria del Ecuador, que a más de poseer muy buenas características de sabor, aroma y contenido nutricional, tiene alto potencial de rendimiento que lo convierten en un cultivo competitivo para los mercados interno y de exportación.

El Ecuador, cuenta con numerosas áreas adecuadas para su explotación por sus condiciones climáticas y de suelos. Las provincias de mayor cultivo son: Pichincha, Tungurahua, Azuay y Cotopaxi. Sin embargo, en muchas de estas zonas las condiciones de fertilidad del suelo son bajas, lo que limita el desarrollo de la planta y se alcancen niveles óptimos de producción.

El agricultor al desconocer los niveles adecuados de los elementos que la planta necesita, realiza una inapropiada aplicación de los fertilizantes, con la consecuente aparición de síntomas de deficiencia o excesos de macro y micro nutrientes que afectan la productividad del cultivo. Basado en lo expuesto, El INIAP, a través del Programa de Fruticultura de la Granja Experimental Tumbaco realizó estudios a fin de conocer la sintomatología de las deficiencias de los principales elementos que las plantas necesitan, a través de la técnica del elemento faltante.

Para ello, las plantas de babaco se colocaron en macetas conteniendo pomina lavada, periódicamente se aplicaron las soluciones nutritivas que contenían todos los nutrientes excepto el elemento que nos interesaba conocer la sintomatología de su deficiencia.

Como fruto de este trabajo se presenta a través de esta guía, la descripción de los síntomas más importantes en hojas y raíces de plantas de babaco y el respaldo fotográfico para que el productor pueda reconocer con facilidad estas deficiencias y actúe de manera inmediata con los productos adecuados para su corrección, reduciendo los efectos negativos en el desarrollo y productividad del cultivo, por lo que se adjuntan varias alternativas en esta publicación.

¹ Investigador Principal INIAP. Granja Tumbaco

² Investigador INIAP. Granja Tumbaco

³ Ing. Agr. Universidad Central del Ecuador

II. NITRÓGENO

A. FUNCIONES BIOLÓGICAS

El nitrógeno (N), estimula el follaje y el crecimiento del tallo. Intensifica el color verde, y además constituye el 40 o 50% de la materia orgánica del protoplasma de las plantas.

El nitrógeno, no solamente es uno de los componentes esenciales 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 fitoreguladoras 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 el sistema radicular.
- Incorporación de materiales orgánicos con una relación alta, carbono/nitrógeno.
- Pérdidas de nitrógeno causadas por lixiviación o desnitrificación.

C. CORRECCIÓN

El nitrógeno es absorbido por las plantas en forma de iones nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+). Las plantas absorben el nitrógeno del suelo, más rápidamente en forma nítrica que en 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 tiene 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

Las cantidades se aplicarán dependiendo de los resultados de los análisis de suelo y foliares de cada zona de cultivo.

El rango adecuado de este nutriente en el análisis foliar es de 3.57 a 5.54 %.

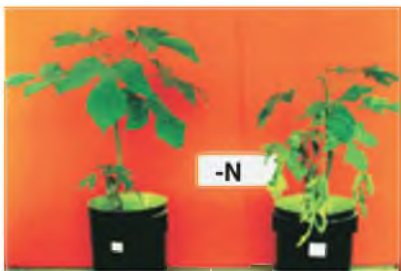


Foto 1. Reducción notable en el crecimiento de la planta

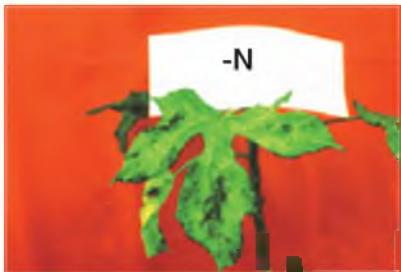


Foto 2. Clorosis generalizada en hojas



Foto 3. Pérdida de hojas y deterioro total de la planta

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

- Plantas de tamaño reducido y poco vigor, las hojas basales se presentan cloróticas, flácidas. Las intermedias y superiores presentan una mala formación de los lóbulos.
- Las hojas basales presentan una coloración verde intensa en el interior, en el exterior un amarillo verdoso, además son más frágiles de lo normal, se doblan hacia el interior y comienzan a perder su turgencia cuando están totalmente cloróticas, incluyendo las nervaduras.
- La raíz principal presenta una coloración cremosa en su base, mientras que en la punta hay la presencia de manchas necróticas en forma irregular, el sistema radical presenta una ligera flacidez al tacto.

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.
- Variación 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 como ión 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 0.32 a 0.43%.



Foto 4. Amarillamiento progresivo



Foto 5. Presencia de puntuaciones verde-amarillentas



Foto 6. Hoja corrugada y clorótica, pedúnculo debilitado

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

- Plantas pequeñas, las hojas bajas presentan unas puntuaciones verde-amarillentas, que posteriormente se generalizan, ocasionando un amarillamiento en forma ascendente.
- Cuando la deficiencia se encuentra en etapas iniciales, la hojas bajas son las que muestran primero la deficiencia, se presenta un color verdoso azulado, que luego pasa a un púrpura o bronceado, a medida que la deficiencia se acentúa, presentan unos puntos de una coloración más clara que el resto del área foliar, estas puntuaciones concluyen en manchas totalmente cloróticas, que continúan por toda la hoja hasta el punto en que se generaliza incluyendo las nervaduras.
- La inserción de la hoja con el tallo se debilita, por lo que estas se desprenden sin estar marchitas, los brotes comienzan a afectarse, a pesar de que presentan una coloración aparentemente normal e inician a corrugarse y la planta se torna más flácida.
- A nivel radical, existe un pobre crecimiento, a pesar de que se ha detenido el crecimiento en longitud, hay presencia de pelos absorbentes.

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 glucosa, oxígeno y energía, en órganos como las semillas, los tubérculos y frutas. Investigación básica ha demostrado también 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 al 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 mejor tamaño de los granos, semillas, frutas y tubérculos; a la mejor forma de las semillas y tubérculos; mayor contenido de jugo, incremento del contenido de vitamina C, y mejor color de frutas; uniformidad y maduración más rápida de frutas, y otros cultivos, resistencia a lastimaduras y al 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 radicales 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 forma iónica en las células y tejidos. Además el potasio en la planta es un elemento móvil, por lo que la deficiencia aparece en hojas de mayor edad.

Las principales fuentes de potasio constituyen:

Muriato 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 2.56 a 4.32 %.

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



Foto 7. Lesiones a manera de "quemado", necrosamientos

- Las hojas basales presentan lesiones a manera de quemado en puntas y márgenes, rotura del folíolo central. Las hojas intermedias presentan una leve curvatura desde la punta hacia el envés.

- En los primeros estadios se nota unas puntuaciones cloróticas en toda el área foliar, las hojas viejas o basales son las primeras en afectarse, a medida que la deficiencia avanza, estas puntuaciones se vuelven más grandes y comienzan a unirse abarcando áreas más amplias, luego cambian del color verde claro a un café oscuro, posteriormente las puntas y bordes de las hojas se rompen hacia el interior, a manera de quemado. Finalmente existe pérdida en la turgencia y las hojas caen.



Foto 8. Hojas enrolladas y flácidas

- Las hojas jóvenes así como las intermedias mantienen un color verde claro, pero luego comienzan a enrollarse desde la punta hacia el envés, el folíolo central es el más notorio en mostrar las irregularidades morfológicas, las hojas basales, comienzan a perder la turgencia y a volverse más flácidas.

- El crecimiento radical es afectado y se nota una emisión de brotes radiculares secundarios, los cuales no tienen un ordenamiento adecuado.

V. CALCIO

A. FUNCIONES BIOLÓGICAS

El calcio ayuda a convertir el N-nitrato (N-NO₃) en formas necesarias 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 importante para el crecimiento de la raíz, sobre todo las puntas, interviene además como constituyente de la pared celular, que es rica 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, el calcio no se mueve, por ello los tejidos jóvenes son los primeros en ser afectados por la deficiencia de este nutriente.

Las principales fuentes de calcio constituyen:

Cal (Carbonato de Calcio):	CaCO ₃	56 % de CaO.
Yeso:	CaSO ₄ · 2 H ₂ O	32 % de CaO y 18 % de S
Cal dolomítica:	CaCO ₃ + MgCO ₃	22 % de Ca
Super fosfato normal:	Ca(H ₂ PO ₄) + CaSO ₄ · 2H ₂ O	28 % de CaO, 22 % de P ₂ O ₅ y 12 % de S.
Super fosfato triple:	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	19 % de CaO y 46 % de P ₂ O ₅

El rango adecuado de este nutriente en el análisis foliar es de 1.70 a 4.40 %.

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



Foto 9. Encorvamiento de hojas, aspecto gelatinoso



Foto 10. Hojas flácidas y con márgenes rizados

- Se observa un crecimiento limitado, las hojas jóvenes presentan un encorvamiento de las puntas con márgenes rizados, con aspecto gelatinoso y débil al tacto.
- La yema terminal presenta una ligera flacidez con una coloración verde pálido.
- Cuando la deficiencia avanza, se nota unas deformaciones y decoloraciones a manera de manchas en toda la superficie foliar, las hojas intermedias también se ven afectadas, presentando un color mezclado con varias tonalidades de verde claro, además se presenta un leve amarillamiento desde la base de la hoja, que se extiende por los bordes.
- En síntomas avanzados de la deficiencia, la planta no ha muerto pero es una planta completamente raquítica, de débil contextura, frágil.
- Su sistema radical es afectado notablemente. La raíz principal presenta deformaciones en la puntas, doblándose hacia el interior de la misma, deja de emitir nuevos brotes radicales, quedando susceptible al ataque de patógenos.

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.
- Períodos de déficit hídricos en áreas sin riego o donde el riego se maneja inadecuadamente.

C. CORRECCIÓN

Las plantas absorben en forma de ion magnesio (Mg^{++}), dentro de la planta posee gran movilidad.

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 0.60 a 0.68 %.

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



Foto 11. Hojas con moteado de color verde-amarillento

- Se observa moteados verde amarillentos localizados en los márgenes de las hojas bajas, que concluyen finalmente en decoloraciones de los bordes dirigidas hacia las puntas.
- Las hojas bajas son las primeras en manifestarse, se producen moteados de una coloración verde amarillenta, ubicados en los bordes de las hojas, además de una clorosis intervenal, la nervadura se mantiene verde, a medida que la deficiencia se agudiza, las hojas presentan decoloraciones hacia las puntas, en algunas hojas se presenta quemazones de 2 mm de diámetro.



Foto 12. Hojas con bordes retorcidos y concavidad hacia arriba

- Con el tiempo toda la planta se afecta, las partes más jóvenes muestran bordes foliares retorcidos con la concavidad hacia arriba, las hojas intermedias presentan pequeños moteados de un color verde pálido y también pequeñas deformaciones en donde el folíolo central tiende a enrollarse hacia el interior de su propio eje.
- El sistema radical sigue desarrollándose emitiendo nuevos brotes y un gran número de raicillas secundarias, las raíces no se ven muy afectadas.

VII. AZUFRE

A. FUNCIONES BIOLÓGICAS

El azufre es reconocido, al igual que el N, P y K, como un nutriente–llave necesario 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 más bien 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.
- 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	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2 \text{MgSO}_4$	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.)

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



Foto 13. Clorosis de hojas iniciándose desde la base

- Las hojas bajas son las más afectadas, comienza con una pequeña clorosis que se inicia en la base de la hoja en la inserción con el pedúnculo, esta clorosis va entrecruzándose entre sí y formando zonas más grandes hasta presentar una clorosis uniforme en toda la superficie foliar de la planta.



Foto 14. Clorosis generalizada y leves marchitamientos

- Al momento en que la deficiencia se torna más intensa todo el tejido vegetal se afecta, a pesar de que la yema terminal se mantiene viva, existen leves marchitamientos así como clorosis en partes indistintas de las hojas jóvenes, los nervios de éstas, así como su tejido internerval mantienen un color verde claro.
- Existe una reducción de la superficie radical, a pesar de que existen nuevas raíces.

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 y químico del hierro. Cobre y magnesio son a menudo sinérgicos con el 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 nivel adecuado de este nutriente en el análisis foliar es de 34 ppm.

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



Foto 15. Hojas dobladas hacia el envés en forma de "hoz"

- Se puede observar un acortamiento internodal que involucra un crecimiento excesivo a nivel de diámetro, en las hojas jóvenes existe una reducción de la lámina foliar, con ápices curvos hacia el interior de la planta lo que asemeja la típica forma de hoz.
- En las hojas basales se puede observar manchas cloróticas de un verde pálido o decoloraciones amarillas entre las nervaduras, a manera de manchas que se generalizan cubriendo gran parte del área foliar.
- Los nuevos brotes emitidos por las raíces secundarias comienzan a incrementarse en diámetro.

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. El cobre y el 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, lacasas, 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 conocidas 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 absorbe 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 nivel adecuado de este nutriente en el análisis foliar es de 13-25 ppm.

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



Foto 16. Hojas pequeñas y presencia de corrugaciones onduladas

- Las plantas presentan escasa amplitud foliar y aspecto retorcido con corrugaciones onduladas en hojas jóvenes.
- Las hojas jóvenes son las primeras en manifestar síntomas de deficiencia. Se presentan hojas amorfas, las hojas superiores tienen unas corrugaciones onduladas de coloración verdosa. La planta varía en varias tonalidades de un verde intenso a un verde un tanto más claro, pierde turgencia, en tanto que las hojas basales presentan un normal vigor y una buena turgencia.



Foto 17. Hojas acartuchadas y coloración azulada

- Las hojas jóvenes al momento en que la deficiencia se hace más severa comienzan a deformarse, presentan escasa lámina foliar, manteniendo un aspecto más bien retorcido, asemejándose a un acartuchamiento, a pesar de la coloración verde, esta comienza a variar haciéndose un tanto más azulada, en tanto que las hojas bajas, comienzan a tener unas corrugaciones principalmente en los bordes de las hojas y ya se puede observar puntos cloróticos.
- La raíz, aparentemente es normal, solamente existe emisión desordenada de brotes radicales.

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 oxidasa, catalasa, peroxidasas, 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, por lo que la deficiencia aparece en hojas jóvenes.

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 nivel adecuado de este nutriente en el análisis foliar es de 129 ppm.

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



Foto 18. Hojas de color verde púrpura y necrosis en los ápices

- Las plantas presentan una coloración verde – púrpura en las hojas jóvenes, en tanto que las hojas intermedias presentan diferentes tonalidades de verde en la misma hoja, además las hojas bajas presentan una clorosis que se acentúa en los lóbulos de tales hojas.

- Las hojas jóvenes presentan un leve cambio de color de verde claro a un púrpura rojizo, las hojas intermedias presentan varias tonalidades en la misma hoja, en el interior de la hoja se presenta un verde más intenso, en los bordes una avanzada clorosis internerval, principalmente en los ápices de los lóbulos con una coloración amarillo verdosa.

- Cuando la deficiencia es más severa las hojas jóvenes presentan nervios principales de color verde oscuro, pero el fondo de la lámina foliar se mantiene de la misma tonalidad púrpura rojiza, en este instante tanto hojas basales como hojas intermedias presentan diferentes tonalidades, iniciándose una clorosis principalmente en los bordes de las hojas, inclusive un quemado en el ápice lobular, a pesar de que existe clorosis, las hojas se mantiene túrgidas y no se marchitan.

- El sistema radical es muy afectado por la deficiencia de Hierro, existe un pobre crecimiento y a medida que la deficiencia se va agudizando las raíces se tornan amarillo lechosas.



Foto 19. Bordes de hojas coloróticos y pérdida de turgencia

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 (el pigmento verde típico de las plantas superiores) depende del manganeso. Por causa de esta función, los síntomas de deficiencia de Mn generalmente involucran amarillamiento de la hoja o clorosis.

El manganeso actúa 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 manganeso (Mn^{++}). No se transloca en el interior de los tejidos de la planta.

Las principales fuentes de manganeso constituyen:

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

El nivel adecuado de este nutriente en el análisis foliar es de 36-79 ppm.

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



Foto 20. Hojas verde brillantes con puntuaciones amarillentas

- Las hojas jóvenes presentan puntuaciones amarillas de forma salpicada que incluye además deformaciones de los ápices de los lóbulos, las hojas intermedias y viejas presentan un amarillamiento en forma de parches.

- Al inicio, a pesar de que la yema terminal se mantiene viva, existen puntuaciones amarillas en las hojas jóvenes, de forma salpicada, las hojas intermedias así como las hojas bajas mantienen la turgencia, de coloración verde brillante.

- Con el tiempo en las hojas jóvenes tanto tejido internervial como los nervios comienzan a cambiar de color, aparecen manchas cloróticas ubicadas indistintamente en toda el área foliar.

- Tanto hojas jóvenes como viejas se ven afectadas, las hojas intermedias comienzan a tener la misma apariencia que las nuevas presentando también un amarillamiento, en forma de manchas o parches ubicados hacia los bordes de las hojas, inclusive se aprecia deformaciones del ápice del lóbulo central con inclinaciones hacia el exterior de la planta.

- El sistema radical presenta un desarrollo aparentemente normal, raíces bien formadas de una coloración que varía del crema al blanco lechoso.



Foto 21. Manchas cloróticas hacia el borde de las hojas

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, todo 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 actividades de la membrana 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 INDUCE 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 nivel adecuado de este nutriente en el análisis foliar es de 84 ppm.

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

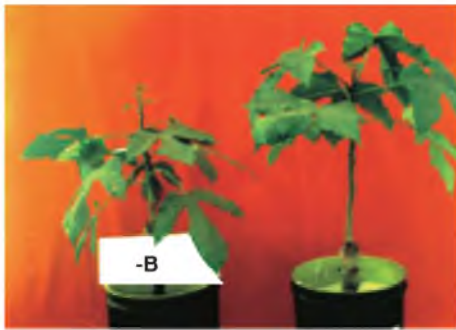


Foto 22. Necrosis en inserción de hojas jóvenes, reducido crecimiento de meristemas

- La planta tiene un aspecto achaparrado en donde es muy notorio el reducido crecimiento de los meristemas, necrosamiento en la inserción de las hojas jóvenes, lo que ocasiona que se desprendan con facilidad, excesiva emisión de brotes secundarios que provoca entrenudos demasiado cortos.
- En etapas iniciales las hojas verdes de la yema terminal se tornan de un color verde claro en la base, desprendiéndose finalmente de esa parte, las hojas jóvenes aparecen retorcidas, se enrollan hacia el haz de la hoja y se presentan puntuaciones de color verde amarillento.
- Con el tiempo la inserción de las hojas jóvenes comienzan a necrosarse, a tal punto que algunas se desprenderse con facilidad, al momento que esto ocurre, se produce una excesiva emisión de brotes nuevos secundarios, muy pegados entre sí, la superficie foliar de estos nuevos brotes son sumamente pequeños y tienden a encorvarse hacia arriba con demasiada facilidad, presentando también distorciones localizadas en el ápice de las hojas.
- Tanto hojas intermedias como viejas presentan clorosis no muy avanzada internerval la cual se inicia en el ápice y continúa por toda la hoja hacia la base.
- Falta de volumen adecuado de pelos absorbentes. La zona terminal de cada raíz tiene una ligera curvatura hacia el interior de la planta.



Foto 23. Distorciones en el ápice de las hojas y encorvamiento pronunciado

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 exigido para la fijación simbiótica de N por las bacterias que viven en los nódulos 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:	MoEDTA	10 % de Mo

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



Foto 24. Pérdida de turgidez en la hojas, reducción del área foliar

- Las plantas presentan ligeras ondulaciones de los ápices de las hojas intermedias hacia el interior de la planta, además se nota una reducción en la lámina foliar de hojas intermedias.
- Al inicio, la planta tiene un normal crecimiento, presenta un color verde intenso y tiene una adecuada turgencia, luego se puede observar que las hojas bajas e intermedias comienzan a agobiarse, principalmente en las horas de la tarde, pero en las horas de la mañana, éstas reaccionan positivamente; en las hojas más jóvenes, se presentan unas ligeras ondulaciones y el área foliar comienza a reducirse, la coloración comienza a cambiar a formas más pálidas, pero en las mismas hojas se presentan unas puntuaciones de un verde más intenso.



Foto 25. Curvatura de los ápices foliares y aparición de zonas amarillentas translúcidas

- Con el tiempo las hojas bajas presentan zonas verde-amarillentas, además las puntuaciones intensas de verde en las hojas superiores se acentúan con mayor fuerza y estas se muestran translúcidas.
- Las hojas intermedias comienzan a tener una pequeña curvatura del ápice hacia el interior de la planta principalmente en los lóbulos foliares.
- Las raíces se ven alteradas en su crecimiento, a pesar de que existe un crecimiento en diámetro, las raíces secundarias crecen en desorden.

XIV. BIBLIOGRAFÍA

1. CASA, M. 2 002. Estudio de la condición nutrimental y radicular del babaco (Carica pentagona H.) bajo invernadero en Pichincha, Cotopaxi y Tungurahua. Tesis Ing. Agr. Quito (Ecuador). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. 122 p.
2. CORPOICA; SENA; et al. 1 997. Deficiencias nutricionales y recomendaciones de fertilización en el cultivo de plátano (Musa AAB Simonds) de la Orionquia Colombiana.
3. COSMOAGRO, Palmira (Col.). 1 999. Función, sintomatología y niveles correctivos de nutrientes en diversos cultivos. Palmira. 1 p.
4. GARCÍA, A. 1 993. Sintomatología de las deficiencias nutricionales en Cacao. ICA. 223: 19.
5. IDEA BOOKS S.A., Barcelona (España). 1 997. Biblioteca de la agricultura. Barcelona. p. 83 – 95
6. INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FÓSFORO. 1 999. Potasa, su necesidad y uso en la agricultura moderna. Saskatchewan. p. 8 – 23.
7. LALATTA, F. 1 998. Fertilización de árboles frutales. Barcelona, CEAC. p. 9 – 27, 35 – 37, 46 – 50.
8. 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.
9. MEJÍA, A. 2 003. Determinación preliminar de las deficiencias nutrimentales en el cultivo de babaco (Carica x heilbornii nm pentagona) mediante el método del elemento faltante en medio semi – hidropónico. Tesis Ing. Agr. Quito (Ecuador). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas.
10. NUTRI-FATOS; informação agronômica sobre nutrientes para as culturas. 1 996. Informações Agronômicas (Bra.). No. 73. Arquivo do Agrônomo No. 10: 1 – 24.
11. PÉREZ, D., (Rep. Dom.). 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. SORIA, N; VITERI P. 1 999. Guía para el cultivo de babaco en el Ecuador. Quito, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. 30 p.
14. 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**