

**UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA**



**TESIS DOCTORAL**

**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

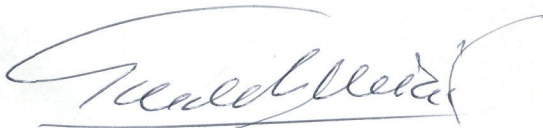
**CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DEL CULTIVO DE LA  
PLATANERA. DEFICIENCIAS DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y  
POTASIO**

---

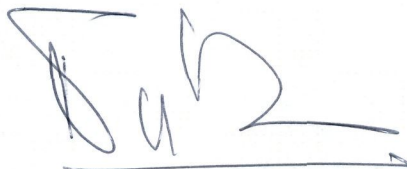
Tesis Doctoral presentada por Dña Norma Pérez Almeida

Dirigida por el Dr. D. Gonzalo Pérez Melián

**El Director**



**El Doctorando**



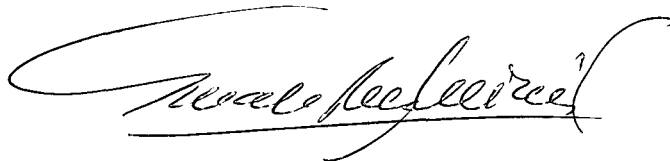
Las Palmas de Gran Canaria, Mayo de 2003

**Gonzalo Pérez Melián**, Profesor Emérito de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

**Informa:**

Que Dña Norma Pérez Almeida, Licenciada en Química, ha realizado bajo mi dirección y asesoramiento el presente trabajo titulado **CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DEL CULTIVO DE LA PLATANERA. DEFICIENCIAS DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO**, el cual considero reúne las condiciones y calidad científica para su presentación por la interesada como Tesis Doctoral.

Las Palmas de Gran Canaria, Mayo de 2003

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Gonzalo Pérez Melián', written in a cursive style with a horizontal line underneath.

Fdo., Gonzalo Pérez Melián

**D. JOSE LUIS EIROA MARTÍNEZ, SECRETARIO DEL  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS  
PALMAS DE GRAN CANARIA,**

**CERTIFICA,**

Que el Consejo de Doctores del Departamento en su sesión de fecha 28 de mayo de 2003 tomó el acuerdo de dar el consentimiento para su tramitación, a la tesis doctoral titulada "CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DEL CULTIVO DE LA PLATANERA. DEFICIENCIAS DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO" presentada por la doctoranda D<sup>a</sup>- Norma Pérez Almeida y dirigida por el Doctor Gonzalo Pérez Melián.

Y para que así conste, y a efectos de lo previsto en el Artículo 73.2 del Reglamento de Estudios de Doctorado de esta Universidad, firmo la presente en Las Palmas de Gran Canaria, a veintiocho de mayo de dos mil tres.



The image shows a handwritten signature in black ink over a circular official stamp. The stamp contains the text "UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA" around the top and "DEPARTAMENTO DE QUÍMICA" around the bottom. The signature is written in a cursive style and extends across the right side of the stamp.

*“El trabajo del pensamiento se parece a la perforación de un pozo:  
el agua es turbia al principio, más luego se clarifica”*

- proverbio chino -



A mi marido y mis hijos,  
por su apoyo y cariño.

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>EL CULTIVO DEL BANANO Y DEL PLÁTANO</b> .....	7
<b>EL PLÁTANO EN CANARIAS</b> .....	7
Historia e importancia del cultivo .....	7
Situación geográfica y climática .....	18
Técnicas de cultivo .....	21
Naturaleza de los suelos .....	22
<b>TAXONOMÍA</b> .....	23
<b>CICLO DE VIDA</b> .....	27
<b>REQUERIMIENTOS AMBIENTALES</b> .....	31
Requerimientos climáticos .....	31
Requerimientos edáficos .....	33
Requerimientos hídricos .....	36
<b>LA NUTRICIÓN MINERAL DEL BANANO</b> .....	39
<b>CONCEPTOS GENERALES</b> .....	39
Nutrición mineral .....	39
Desequilibrios nutricionales .....	41
Interacciones entre nutrientes .....	44
Concentraciones críticas .....	46
<b>MACRONUTRIENTES</b> .....	48
Nitrógeno .....	49
El nitrógeno en la nutrición de las plantas .....	49
El nitrógeno en la nutrición del banano .....	51
Interacciones del nitrógeno con los otros nutrientes fundamentales .....	61
Fósforo .....	62
El fósforo en la nutrición de las plantas .....	62
El fósforo en la nutrición del banano .....	64
Interacciones del fósforo con los otros nutrientes fundamentales .....	69
Potasio .....	70
El potasio en la nutrición de las plantas .....	70
El potasio en la nutrición del banano .....	71
Interacciones del potasio con los otros nutrientes fundamentales .....	78
Calcio .....	82
El calcio en la nutrición de las plantas .....	82
El calcio en la nutrición del banano .....	84

Interacciones del calcio con los otros nutrientes fundamentales .....	90
Magnesio .....	91
El magnesio en la nutrición de las plantas .....	91
El magnesio en la nutrición del banano .....	92
Interacciones del magnesio con los otros nutrientes fundamentales .....	96
<b>MICRONUTRIENTES .....</b>	<b>97</b>
Hierro .....	98
El hierro en la nutrición de las plantas .....	98
El hierro en la nutrición del banano .....	100
Interacciones del hierro con los otros nutrientes fundamentales .....	103
Manganeso .....	104
El manganeso en la nutrición de las plantas .....	104
El manganeso en la nutrición del banano .....	106
Interacciones del manganeso con los otros nutrientes fundamentales .....	110
Zinc .....	111
El zinc en la nutrición de las plantas .....	111
El zinc en la nutrición del banano .....	111
Interacciones del zinc con los otros nutrientes fundamentales .....	116
Cobre .....	117
El cobre en la nutrición de las plantas .....	117
El cobre en la nutrición del banano .....	117
Molibdeno .....	120
El molibdeno en la nutrición de las plantas .....	120
El molibdeno en la nutrición del banano .....	121
Boro .....	122
El boro en la nutrición de las plantas .....	122
El boro en la nutrición del banano .....	124
Interacciones del boro con los otros nutrientes fundamentales .....	126
Sodio y Cloro .....	126
El sodio y el cloro en la nutrición de las plantas .....	126
El sodio y el cloro en la nutrición del banano .....	126
<b>OBJETIVOS DEL TRABAJO .....</b>	<b>129</b>
<b>MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>131</b>
<b>HIDROPONÍA .....</b>	<b>135</b>
<b>CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS Y MÉTODOS DEL CULTIVO HIDROPÓNICO .....</b>	<b>136</b>
<b>SOLUCIÓN NUTRITIVA .....</b>	<b>138</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA .....</b>	<b>143</b>

---

<b>INSTALACIÓN HIDROPÓNICA</b> .....	143
Invernadero .....	143
Camas hidropónicas .....	144
Sistema de riego .....	144
<b>CULTIVO</b> .....	146
<b>COMPOSICIÓN DE LAS SOLUCIONES NUTRIENTES</b> .....	147
Solución estándar .....	149
Soluciones deficientes en nitrógeno .....	152
Solución deficiente en fósforo .....	154
Soluciones deficientes en potasio .....	155
<b>PREPARACIÓN DE LAS DISOLUCIONES NUTRIENTES</b> .....	157
<b>DISEÑO EXPERIMENTAL</b> .....	158
<b>TOMA DE MUESTRAS</b> .....	161
<b>MUESTRAS DE PLANTAS</b> .....	161
<b>ANÁLISIS DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS</b> .....	162
<b>PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN</b> .....	162
<b>DETERMINACIONES ANALÍTICAS</b> .....	163
<b>ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA</b> .....	163
<b>ANÁLISIS FOLIAR</b> .....	164
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	167
<b>ANÁLISIS FOLIARES</b> .....	171
<b>CULTIVO DE REFERENCIA</b> .....	171
Concentración foliar de macronutrientes (N, P, K) .....	171
Concentración foliar de micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu) .....	174
<b>DEFICIENCIA EN NITROGENO</b> .....	183
Efecto sobre la concentración foliar de nitrógeno .....	183
Efecto sobre la concentración foliar de fósforo .....	186
Efecto sobre la concentración foliar de potasio .....	189
Efecto sobre la concentración foliar de hierro .....	192
Efecto sobre la concentración foliar de manganeso .....	195
Efecto sobre la concentración foliar de zinc .....	197

---

Efecto sobre la concentración foliar de cobre .....	199
<b>DEFICIENCIA EN FÓSFORO .....</b>	<b>202</b>
Efecto sobre la concentración foliar de nitrógeno .....	202
Efecto sobre la concentración foliar de fósforo .....	204
Efecto sobre la concentración foliar de potasio .....	206
Efecto sobre la concentración foliar de hierro .....	208
Efecto sobre la concentración foliar de manganeso .....	211
Efecto sobre la concentración foliar de zinc .....	213
Efecto sobre la concentración foliar de cobre .....	215
<b>DEFICIENCIA EN POTASIO .....</b>	<b>217</b>
Efecto sobre la concentración foliar de nitrógeno .....	217
Efecto sobre la concentración foliar de fósforo .....	219
Efecto sobre la concentración foliar de potasio .....	221
Efecto sobre la concentración foliar de hierro .....	223
Efecto sobre la concentración foliar de manganeso .....	226
Efecto sobre la concentración foliar de zinc .....	227
Efecto sobre la concentración foliar de cobre .....	229
<b>PRODUCCIÓN .....</b>	<b>231</b>
<b>EFFECTO DE LA DEFICIENCIA EN NITROGENO .....</b>	<b>231</b>
<b>EFFECTO DE LA DEFICIENCIA EN FÓSFORO .....</b>	<b>236</b>
<b>EFFECTO DE LA DEFICIENCIA EN POTASIO .....</b>	<b>240</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>245</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>251</b>





## INTRODUCCIÓN



Es poco conocido que el banano representa uno de los cultivos más importantes del mundo. Se cultiva en más de 120 países, ocupando su cultivo casi 10 millones de hectáreas, con una producción anual de 88 millones de toneladas. En el mundo en vía de desarrollo, los bananos representan el cuarto cultivo alimenticio de importancia, después del arroz, trigo y maíz.

El banano ha sido utilizado de manera muy diferente desde los tiempos antiguos. Los historiadores creen que se encuentran entre las primeras plantas que fueron cultivadas por el hombre, y aún antes de este período, es posible que los ancestros silvestres de los bananos fueran utilizados por los primeros pescadores del Sudeste de Asia, lugar donde dichas plantas tuvieron su origen. Se cree que la posibilidad de su cultivo surgió debido a las mutaciones en las especies silvestres con semillas, que dio como resultado plantas con frutas comestibles sin semillas.

Actualmente, el banano continúa teniendo un profundo significado cultural en muchas partes del mundo. Es un símbolo de fertilidad y prosperidad en muchas comunidades de África y Asia. Aunque los bananos y plátanos se conocen mejor como un cultivo alimenticio, cada parte de la planta puede ser utilizada de esta

---

manera o de otra. Esto puede explicar por qué en la India el banano se conoce popularmente como “kalpatharu”, que significa hierba con todos los usos imaginables.

Existen alrededor de 1000 tipos de bananos que pueden subdividirse en 50 grupos de variedades. Hay bananas con semillas, sin semillas, de tamaño diminuto, muy grandes, cuadradas, redondas, rectas, curvas, verdes, amarillas, rojizas, plateadas, moteadas, listadas.... Las hay que sólo sirven para comer crudas, otras que sólo se comen cocinadas y otras que se pueden comer de ambas formas. En definitiva, hay bananas para satisfacer todos los gustos y consumos.

El banano más grande del mundo es una planta salvaje conocida como “*Musa ingens*”. Su pseudotallo puede crecer hasta 15 m, la circunferencia del mismo mide aproximadamente 2.5 m y sus racimos pesan alrededor de 50 Kg. Desafortunadamente el fruto está lleno de duras semillas negras y no es comestible. La variedad “*Musa Ingens*” crece a grandes altitudes, entre 1000 y 2100 m, en los bosques de Papua Nueva Guinea.

Aunque los consumidores del norte lo aprecian sólo como un postre delicioso, el banano, conjuntamente con su pariente cercano el plátano, realmente constituye una parte esencial de la dieta diaria para los habitantes de más de 100 países tropicales y subtropicales.

La mayoría de las personas, al menos en los países desarrollados, están familiarizadas sólo con una variedad de banano. Esta variedad es el banano *Cavendish*, la principal variedad de exportación, que se cultiva principalmente en los países de América Latina, aunque el Cavendish sólo representa algo más del 12% de la producción bananera mundial. El restante 88% incluye una amplia diversidad de variedades, cada una adaptada a un ecosistema específico y seleccionada por los agricultores por sus cualidades especiales para consumirla cruda o cocinada. Una finca bananera típica en la región de Kagera en Tanzania, puede contener hasta 30 variedades diferentes de bananos. Las diversas variedades se consumen frescas o cocinadas, se

fermentan para la producción de cerveza, se venden en los mercados o se utilizan en ceremonias locales. De algunas variedades se extrae la fibra para confeccionar artesanía y las hojas se utilizan para preparar el “matooke”, plato tradicional de la región.

En los países tropicales en vía de desarrollo, los bananos, especialmente las variedades de cocción, que se consumen hervidas, cocinadas al vapor, fritas o asadas, proporcionan una fuente de alimentación básica para más de 400 millones de personas.

La diversidad más amplia de bananos se encuentra en el Sudeste de Asia y en el Pacífico. En esta región se puede encontrar variedades cultivadas de todos los grupos genómicos, teniendo las variedades de postre y de cocción casi la misma importancia. De interés particular es la diversidad de los bananos diploides (AA) que se encuentran sólo en Papua Nueva Guinea y del grupo de plátanos “Popoulou”, bananos de cocción (AAB), que son específicos de las Islas del Pacífico.

África, segundo lugar en importancia de diversidad, es el hogar de dos áreas. Un amplio rango de plátanos se puede encontrar en África Central y Occidental, que difiere bastante de los plátanos del pacífico, mientras que otro grupo diferente de bananos de cocción (AAA) se encuentra en los Altiplanos de África Oriental. Estos dos grupos de bananos son relativamente raros en la mayor parte de Asia, así como en otras partes de África. Su origen en África está rodeado de misterio.

La demanda de consumo de esta fruta empezó realmente a crecer a finales del siglo XIX. En 1915, Europa importó más de 100.000 t desde Jamaica. En aquellos días la variedad que se cultivaba era una variedad de banano de postre llamada “Gros Michel”, pero en 1940 una enfermedad llamada “Mal de Panamá” diezmo las plantaciones y esta variedad desapareció gradualmente. A partir de 1960 fue reemplazada sistemáticamente por las variedades del grupo “Cavendish”, más resistente a las enfermedades. Actualmente el grupo Cavendish provee la mayor parte de los bananos de postre.

Cientos de variedades diferentes de banano están siendo cultivadas alrededor del mundo. Esta diversidad permite su cultivo en un amplio rango de condiciones y cumplir con las necesidades de diferentes comunidades.

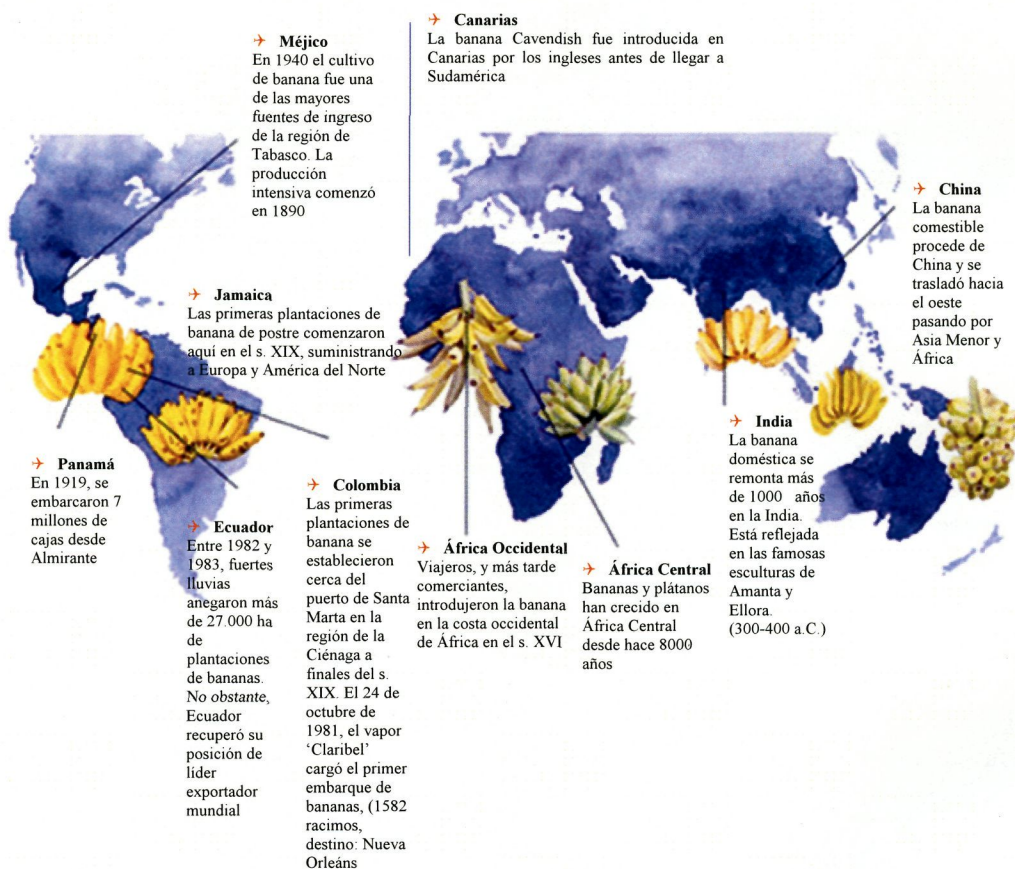


Fig. 1. Propagación del cultivo de la banana en el mundo. <http://www.inibap.org/>

# EL CULTIVO DEL BANANO Y DEL PLÁTANO

## EL PLÁTANO EN CANARIAS

### *HISTORIA E IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CULTIVO*

El banano, plátano en nuestras Islas, fue introducido en Canarias a partir de África Occidental (Guinea), posiblemente por los portugueses a principios del siglo XV [Álvarez de la Peña (1981)].

Según Viera y Clavijo, la especie hasta entonces cultivada en huertas y jardines canarios era la *Musa sapientum* o plátano. Sin embargo, a pesar de formar parte desde tan temprana fecha del material vegetal del archipiélago, su cultivo en grandes extensiones y con finalidad comercial en nuestra región no comenzó hasta fines del siglo XIX [Martín Ruiz et al. (1991)]. Los frutos procedentes de estas primeras producciones fueron canalizados en su integridad hacia los grandes centros de consumo de Gran Bretaña, aprovechando los barcos que desde África del Sur y Australia se dirigían a dicho país, haciendo escala en Canarias [Rolo (1981)].

Tradicionalmente la principal variedad cultivada en Canarias es la Pequeña Enana. Su introducción en nuestras Islas se realizó en la primera mitad del siglo XIX. Algunos opinan que fue llevada a Canarias por los franceses, otros piensan que fueron los ingleses los encargados de su difusión inicial en la región, incluso hay autores que mantienen que esta variedad era ya conocida en el archipiélago a fines del XVIII [Martín Ruiz et al (1991)].

Según Mateo Díaz (1934), antiguo profesor de la Escuela Profesional de Comercio de Las Palmas [citado por Pérez Marrero (2000)], fue el conde de la Vega Grande quién inició los primeros cultivos en una de sus fincas de la Vega de San José.

---

Las principales características de esta variedad son las que se señalan a continuación [Álvarez de la Peña (1981)].

Como características positivas más importantes, cabe citar:

- Gran resistencia a la enfermedad “Mal de Panamá” producida por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense*
- Alta productividad
- Resistencia a temperaturas cercanas a 0° C
- Reducido tamaño, que le procura una buena resistencia al viento y facilita las labores de recolección y cultivo
- Calidad de los frutos en aroma y sabor

Como características negativas:

- Frutos delicados, sensibles a golpes y rozamientos, de tamaño irregular y maduración rápida
- Escasa resistencia a los ataques de nematodos

El auge de superficies cultivadas bajo cierre ha originado un retroceso del cultivo de esta variedad, pues con dicha protección es posible cultivar otras variedades como la Gran Enana y la Williams, más sensible al viento. En la actualidad el 70 % de la producción en cultivos forzados corresponde a la Gran Enana, mientras que la Williams representa el 30 % restante. Las principales características de estas dos variedades son las siguientes [Martín Ruiz et al (1991)]:

- *La Gran Enana* tiene una altura de 3 a 3.5 m y es prácticamente inmune al mal de Panamá, aunque sensible al frío y los nematodos. Esta poca resistencia al frío provoca retrasos en la parición y crecimiento de los racimos, lo que hace que no sea rentable su cultivo por encima de los 200 m.
- *La Williams* es una variedad muy parecida a la Pequeña Enana, aunque su altura es algo mayor, de 2 a 3.5 m, las hojas son algo más grandes y anchas y los racimos son algo mayores y cilíndricos, llevando de 9 a 14 manos. Es tan

resistente al frío y al mal de Panamá como ella y se adapta mejor a perores condiciones de suelo.

Ambas presentan ventajas y desventajas comunes con respecto a la tradicional Pequeña Enana [Martín Ruiz et al (1991)]:

- *Ventajas.*- En el racimo: mayor número de manos, mayor separación entre manos y mayor longitud y grosor del plátano. En el ciclo productivo: acortamiento del ciclo y recolección más uniforme y escalonada a lo largo del año, lo que facilita una flexibilidad mayor ante las características de la demanda.
- *Inconvenientes.*- mayor sensibilidad al viento, aunque en la Gran Enana se compensa con un mayor grosor de seudotallo.

En la última década del siglo XIX y comienzos del siglo XX el cultivo del plátano se extendió rápidamente en Canarias ocupando terrenos que anteriormente habían estado dedicados al cultivo de la cochinilla [Millares Torres (1977)]

<b>CULTIVO DOMINANTE</b>	<b>DURACIÓN DEL CICLO</b>	<b>PRINCIPALES MERCADOS RECEPTORES</b>
AZÚCAR	Todo el siglo XVI (1530-1540)	Condado de Flandes, puertos italianos del mediterráneo
VINO	Siglos XVI-XVIII (1650-1700)	Inglaterra, Colonias sajonas de América
COCHINILLA	Segunda mitad del siglo XIX (1870)	Inglaterra, Francia
PLÁTANO-TOMATE	Siglo XX (1930)	Inglaterra, noroeste de Europa, Península Ibérica (a partir de 1945)

Tabla 1. Esquema de los ciclos agrícolas en Canarias [Millares Torres (1977)]



---

Esta expansión del cultivo fue impulsada por firmas inglesas que, mediante adquisición o contratos de arrendamientos de tierra y agua, tomaron terrenos a muchos agricultores canarios para su transformación en huertas plataneras que controlaban directamente. Hasta la Guerra de 1914, puede decirse que toda producción de plátanos de Canarias se dirigía a Inglaterra [Álvarez de la Peña (1981)]. Entre estas sociedades mercantiles que controlaban producción y la exportación destacan la “Fyffes”, que comercializaba el plátano a través del mercado de Londres, y la “Elder y Dempster”, que lo hacía a través de Liverpool [Pérez Marrero (2000)].

En 1911 Canarias exportó 2.648.378 racimos. Este volumen de exportación la colocaba en el sexto lugar entre los principales países exportadores de plátanos, precedido por Jamaica, Costa Rica, Honduras, Colombia y Panamá, si bien nuestra productividad por unidad de superficie era una de las más elevadas, casi cuatro veces superior a la de Jamaica, que con 16.479.385 racimos ocupaba el primer lugar [Pérez Marrero (2000)].

Durante la Primera Guerra Mundial decayó por razones bélicas el comercio con Gran Bretaña, iniciándose entonces se inició el envío de plátanos a la Península. Terminado el conflicto se produce una expansión relevante del cultivo del plátano en Canarias y Europa se transformó en un gran mercado. En 1925 se importaban 277.000 toneladas, de las cuales 218.000 correspondían a Gran Bretaña [Martín Ruiz et al (1991)].

Posteriormente la venta comienza a desviarse a Francia, que pagaba precios superiores a los del mercado inglés. En 1930 este país consumía el 50 % de los plátanos exportados por Canarias, distribuyéndose el resto por partes iguales entre la Península e Inglaterra [Álvarez de la Peña (1981)]

La protección que Francia e Inglaterra comenzaron a dispensar a sus territorios de Ultramar motivó un considerable descenso en la exportación de plátanos a estos países [Álvarez de la Peña (1981), Martín Ruiz et al (1991)]. Así, en 1936 la Península ocupaba el primer puesto con 49.580 t, luego Francia con 45.850 t y después

Alemania con 26.100 t, mientras que Gran Bretaña sólo adquiriría 8.700 t. [Martín Ruiz et al (1991)].

A partir de los años cuarenta, el cultivo pasa en su totalidad a manos de propietarios canarios; pero la Guerra Civil Española y la Segunda Guerra Mundial, iniciada poco después del fin de la nuestra, dieron lugar a nuevas crisis. Durante la Guerra Civil se produjo una notable disminución de las exportaciones a Francia y a las principales comunidades de la Península, si bien aumentó el consumo interior del plátano [Martín Ruiz et al (1991)]. Con la Segunda Guerra Mundial se cerraron las exportaciones al extranjero, aparte de otras perspectivas desfavorables como escasez de abonos, material auxiliar de transporte, empaquetado, etc. Durante esta contienda nuestros plátanos se exportaban solamente a Suiza, al permanecer este país neutral [Pérez Marrero (2000)]. Esto motivó un descenso de la superficie destinada al cultivo de plataneras, que estuvo favorecido por la política impuesta por el Estado, que tendía a la revalorización de los productos de autoabastecimiento – papas, maíz, tabaco o caña de azúcar-, a los que se destinaron nuevas tierras y sobre todo, agua [Geografía de Canarias (1984)].

La carencia de un mercado exterior con capacidad de compra obligó a distribuir toda la producción hacia la Península y al autoabastecimiento, al menos hasta 1945. Debe señalarse que el plátano fue la única fruta tasada para el consumo nacional durante un largo periodo que concluye en el año 1958. Sin embargo, en los años cincuenta se incrementaron considerablemente las exportaciones al extranjero, lo que mejoró los precios y la comercialización del plátano, lo que dio lugar a que se realizaran costosas prestaciones por parte del Estado destinadas a la realización de estanques y sorribas para asegurar el cultivo en lugares idóneos. Otro elemento a tener en cuenta en dicho periodo lo constituye la vuelta de emigrantes, principalmente procedentes de Venezuela, que invierten sus capitales principalmente en la platanera [Geografía de Canarias (1984)].

Las exportaciones al extranjero alcanzaron su mayor volumen en los años cincuenta, en los que llegó a absorber entre el 30 % y el 50 % de la producción total. En

---

1961 dicha exportación representaba el 30 % de la producción platanera de Canarias, pero a partir de entonces comenzó a disminuir rápidamente. Durante este tiempo nuestra fruta siguió siendo solicitada por una fracción minoritaria del mercado que la prefería, por su aroma y sabor, a la Gross Michel, de mejor presentación y manipulación [Pérez Marrero (2000)]. La situación empeoró en los años setenta, llegándose a la suspensión total de los envíos al exterior en 1978. Los últimos mercados perdidos fueron los de Francia, Reino Unido y Marruecos. La Península será desde entonces, el mercado que sostenga los precios y haga posible el cultivo [Martín Ruiz et al (1991), Pérez Marrero (2000)].

La adhesión de Canarias a la C. E. E. se efectuó mediante unas condiciones especiales que la distinguían del resto del territorio nacional, intentando mantener las especificaciones tradicionales en materia económica y fiscal. La situación del subsector platanero, tras la integración en la C. E., quedó definida por el artículo 4, apartado 2 del Protocolo nº 2, anejo al Acta de Adhesión [Albertos et al. (1987)].

De acuerdo con este modelo de adhesión, el Archipiélago quedó fuera de la P.A.C. (Política Agraria Comunitaria) y de la Unión Aduanera, quedando reservado el mercado del plátano a la Península hasta el 31-XII-95, fecha en la que terminaría el periodo transitorio de este producto. A partir de esta fecha podrían entrar a la Península productos comunitarios, pudiéndose prolongar esta situación con posteridad a dicho momento solamente hasta que la C. E. E. constituyera una Organización Común del Mercado para esta fruta (O.C.M.). En este organismo no podría participar Canarias a no ser de estar integrado este sector agrícola en la P. A. C., recibiendo nuestra producción la consideración de proveniente de país tercero. Este modelo fue ampliamente denunciado por el sector agrario, especialmente por el subsector exportador [Pérez Marrero (2000)]

En el transcurso de 1988 se llevó a cabo una denuncia del Protocolo 2 fuera de la P.A.C., hasta lograr que un nuevo documento de adhesión fuera presentado y aprobado en el Parlamento Regional el día 21 de diciembre de 1989. La resolución insta al Gobierno de la Nación a que proponga a la Comisión y al Consejo de Ministros de la

Comunidades Europeas la revisión del modelo comunitario del Archipiélago. El documento reclamó la plena integración de las Islas en la P. A. C., la Política Común de Pesca (P.C.P.), así como en la legislación aduanera y en la política comercial. También solicitó la aplicación de un periodo transitorio de 15 años para que la economía canaria se adaptase a las variaciones que se introdujeran, posibilitando el mantenimiento del sistema económico y fiscal canario y las peculiaridades históricas legalmente reconocidas. En el documento se recoge también el establecimiento de reglas sobre el plátano que garanticen las preferencias comunitarias de las producciones de los estados miembros sobre la de terceros países [Martín Ruiz et al (1991), Pérez Marrero (2000)].

La C. E. hizo su oferta sobre Canarias el día 17 de enero de 1990, pronunciándose por la fórmula de la plena integración del Archipiélago con lo que el plátano queda enmarcado como una producción comunitaria. De cara al futuro, esta vía es la única que le puede devolver parte de su esplendor al comercio exterior del plátano canario, resolviendo su acceso en buenas condiciones a los mercados europeos. En caso contrario, nuestra producción y la de todas las áreas comunitarias y países tradicionales de África, Caribe y Pacífico (A.C.P.) no podrían soportar los efectos de una competencia libre con las de la “zona del dólar”. Surge así la Asociación de “Productores Europeos del Plátano”, que tiene como objetivo impedir que la fruta de países latinoamericanos abastecedores del mercado abierto pueda entrar en el Mercado Único Europeo en iguales condiciones que la suya.

El 17 de diciembre de 1992 se aprobó en el Consejo de Ministros de la C.E. una O.C.M. para el plátano, que era uno de los pocos productos de interés para las exportaciones de Canarias que carecía de ella (Reglamento C.E.E. nº 404/93 del Consejo, de 13 de febrero) (D.O. nº L 47 de 25-02-93). Dicha organización entró en vigor el 1 de julio de 1993, momento en que desapareció, dentro de la comunidad, la reserva de los mercados nacionales para esta fruta. En principio, su vigencia estaba prevista que se extendiera hasta el 31 de diciembre de 2002. El mencionado Reglamento se basa en que el cultivo del plátano tiene una gran importancia social, económica, cultural y medioambiental en una serie de regiones de la C.E. caracterizadas por la insularidad, lejanía y el atraso estructural. Basándose en estos presupuestos, establece el

---

principio de “preferencia comunitaria” para garantizar que los productores de este sector obtengan un nivel de ingresos que resulte rentable, sin que por ello dejen de respetarse las obligaciones internacionales de la Comunidad [Pérez Marrero (2000)].

Un cambio importante en la O.C.M. se produjo como consecuencia de la aplicación del Acuerdo Marco (A.M.), suscrito por la C.E. y un grupo de países de América Latina (Colombia, Costa Rica, Nicaragua y Venezuela). Su fecha de expiración prevista es la del 31-12-2002. Las dos la principales características de dicho acuerdo son el aumento del contingente arancelario (C.A.) establecido para la importación de plátanos de terceros países y de abastecedores no tradicionales A.C.P., y la reducción de los derechos de importación correspondientes a los plátanos incluidos dentro del contingente arancelario [Pérez Marrero (2000)].

En septiembre de 1995, los Estados Unidos apoyados por Guatemala, Honduras, Méjico y Ecuador pidieron que se iniciaran consultas en el seno de la Organización Mundial de Comercio (O.M.C.), por considerar que las prácticas de importación de la C.E. perjudicaban sus intereses económicos. El informe final fue emitido a principios de mayo de 1997. En él se condena principalmente el sistema de licencias de importación y el sistema de certificados de exportación del A.M., legitimando además a EE.UU. como parte activa en el proceso. Por su parte, la posición de los productores comunitarios y A.C.P. tradicionales es de rechazo al veredicto de la O.C.M., que sin tener ningún tipo de consideración social ni medioambiental, ha aceptado además a un país como Estados Unidos, que no es productor de plátanos, como parte legítima en el procedimiento de solución de disputas [Pérez Marrero (2000)].

Este rechazo se justifica aún más si se tiene en cuenta que tanto las exportaciones de los cuatro países latinoamericanos demandantes, como las tres grandes compañías americanas del sector (United Brands Co., Castle and Cooke y Del Monte), han aumentado, después de 1993, su presencia en el mercado de la U.E., por lo que difícilmente se comprenden los daños económicos atribuidos por los mismos a la instauración de la O.C.M. [Cologan (1997)].

A raíz de dichos acontecimientos, la Comisión Europea decidió poner el régimen comunitario en conformidad con el fallo de la O.M.C. y el 26 de Junio de 1998 el Consejo de Ministros de Agricultura de la U.E. aprobó la nueva O.C.M. En la misma se mantienen, e incluso incrementan, las ayudas por pérdida de renta; permanecen los contingentes de toneladas de fruta al año ya consolidados y se reforman los sistemas de licencia de importación. Este sistema de licencias alternativo consiste en repartirlas entre los operadores que hicieron uso efectivo de ellas en los últimos años, excluyendo expresamente a aquellos otros que las vendieron, argumentando en favor de dicha medida que el espíritu de la O.C.M. no pasaba por fines lucrativos. El 8 de abril de 1999 el Comité de Arbitraje de la O.M.C. emite un dictamen en el que condena la nueva O.C.M., con lo que de nuevo queda abierto el proceso de negociación de cara a una nueva reforma de la misma. [Pérez Marrero (2000)].

En relación con ello, tanto el sector platanero canario como los ejecutivos autónomo y español mantienen el rechazo al sistema “tariff only” que implica la desaparición de los contingentes y solicitan, además, la inclusión de ayuda a la comercialización del plátano comunitario.

Esta situación nos obliga a revisar todos aquellos aspectos de su producción y comercialización, en base a mejorar la calidad y rentabilidad de su cultivo y, por tanto, su mayor competitividad. Esto es de gran importancia si se tiene en cuenta que Canarias ocupa el séptimo lugar entre los exportadores de plátanos a nivel mundial [Martín Ruiz et al (1991)], es la principal área productora de la C. E. E., con 9.194 ha cultivadas en el año 2001, que representó una producción de 421.820 t de las cuales el 92.18 % fueron de exportación y que supusieron 99.835,75 €, un 20.45 % del valor de la producción agrícola total, tabla 2 y figura 2, [Conserjería de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de Canarias (2002)].

## EVOLUCIÓN Y DESTINO DE LA PRODUCCIÓN PLATANERA CANARIA 1938 – 2001

Año	Embarques (t)	%	Consumo Local (t)	%	Producción Total (t)
1938	104.413	93,72	7.000	6,28	111.413
1939	99.827	93,01	7.500	6,99	107.327
1940	116.392	91,37	11.000	8,63	127.392
1941	113.492	87,92	15.600	12,08	129.092
1942	102.536	72,00	39.881	28,00	142.417
1943	99.794	73,57	35.844	26,43	135.638
1944	114.842	78,33	31.767	21,67	146.609
1945	125.016	79,23	32.765	20,77	157.781
1946	132.541	85,61	22.286	14,39	154.827
1947	139.645	84,39	25.835	15,61	165.480
1948	165.932	90,01	18.426	9,99	184.358
1949	147.699	88,81	18.618	11,19	166.317
1950	149.822	87,20	21.984	12,80	171.806
1951	182.566	90,65	18.830	9,35	201.396
1952	203.586	92,59	16.293	7,41	219.879
1953	200.637	92,04	17.346	7,96	217.983
1954	192.108	91,76	17.241	8,24	209.349
1955	256.915	90,94	25.583	9,06	282.498
1956	267.975	90,54	28.003	9,46	295.979
1957	256.796	92,13	21.948	7,87	278.744
1958	236.224	94,73	13.141	5,27	249.365
1959	265.278	94,50	15.452	5,50	280.730
1960	267.990	92,78	20.852	7,22	288.841
1961	301.059	90,55	31.401	9,45	332.459
1962	305.206	93,38	21.628	6,62	326.834
1963	301.515	92,63	23.983	7,37	325.499
1964	348.119	90,78	35.361	9,22	383.480
1965	348.831	93,36	24.821	6,64	373.652
1966	394.184	90,58	40.990	9,42	435.174
1967	366.770	93,06	27.353	6,94	394.123
1968	349.176	89,02	43.047	10,98	392.223
1969	404.199	91,58	37.146	8,42	441.346
1970	386.487	91,92	33.952	8,08	420.439
1971	395.637	95,00	20.838	5,00	416.476
1972	332.431	92,44	27.334	7,60	359.765
1973	380.883	84,56	69.561	15,44	450.445
1974	367.983	92,27	30.835	7,73	398.818
1975	335.764	94,27	20.391	5,73	356.155
1976	296.571	93,69	19.965	6,31	316.535
1977	355.679	94,38	21.191	5,62	376.870
1978	370.231	93,96	23.802	6,04	394.034
1979	364.092	91,33	34.567	8,67	398.660
1980	405.427	84,59	73.836	15,41	479.264
1981	411.478	84,27	76.833	15,73	488.310

Año	Embarques (t)	%	Consumo Local (t)	%	Producción Total (t)
1982	396.387	89,78	45.103	10,22	441.489
1983	400.891	88,44	52.399	11,56	453.290
1984	368.391	86,43	57.844	13,57	426.235
1985	363.387	80,79	86.414	19,21	449.801
1986	361.254	76,87	108.693	23,13	469.947
1987	367.786	79,23	96.403	20,77	464.188
1988	349.320	88,62	44.866	11,38	394.187
1989	351.653	88,20	47.035	11,80	398.688
1990	353.801	84,13	66.730	15,87	420.531
1991	340.708	92,42	27.946	7,58	368.655
1992	338.048	91,92	29.713	8,08	367.762
1993	312.317	90,98	30.970	9,02	343.287
1994	293.649	91,32	27.907	8,68	321.556
1995	340.038	92,05	29.350	7,95	369.388
1996	315.067	90,58	30.877	9,42	345.944
1997	370.034	91,76	33.229	8,24	403.262
1998	406.535	92,91	31.017	7,09	437.552
1999	332.060	91,65	30.253	8,35	362.313
2000	365.032	91,73	32.910	8,27	397.941
2001	388.852	92,18	32.968	7,82	421.820

Tabla 2. Producción y exportación de plátanos en Canarias (1938-2001) [Servicio de Estadística. Conserjería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Gobierno de Canarias (2001)]

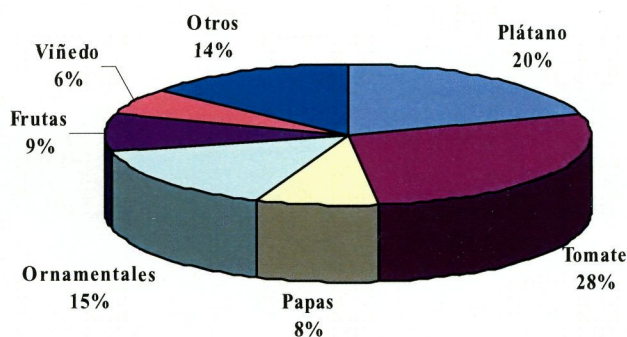


Fig. 2. Valoración de la producción agrícola canaria [Servicio de estadística. Conserjería de Agricultura, Pesca y Alimentación del gobierno de Canarias (2001)]



## SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y CLIMÁTICA

El Archipiélago Canario está situado al Noreste del Continente Africano entre los paralelos 27° 38' y 29° 25' de latitud norte, formando un arco que se extiende del oeste al este entre los meridianos 13 y 18. La situación geográfica de estas islas y su proximidad al desierto del Sahara podrían hacer pensar en un clima desértico. Sin embargo, diferentes factores ambientales contribuyen a un clima muy benigno, con pocos contrastes entre las distintas estaciones.

El clima viene determinado por las corrientes marinas de Canarias, la acción de los vientos alisios inferiores (frescos), alisios superiores (secos), saharianos (secos), polares marítimos del norte (fríos y húmedos) y los vientos tropicales del Sur (húmedos).

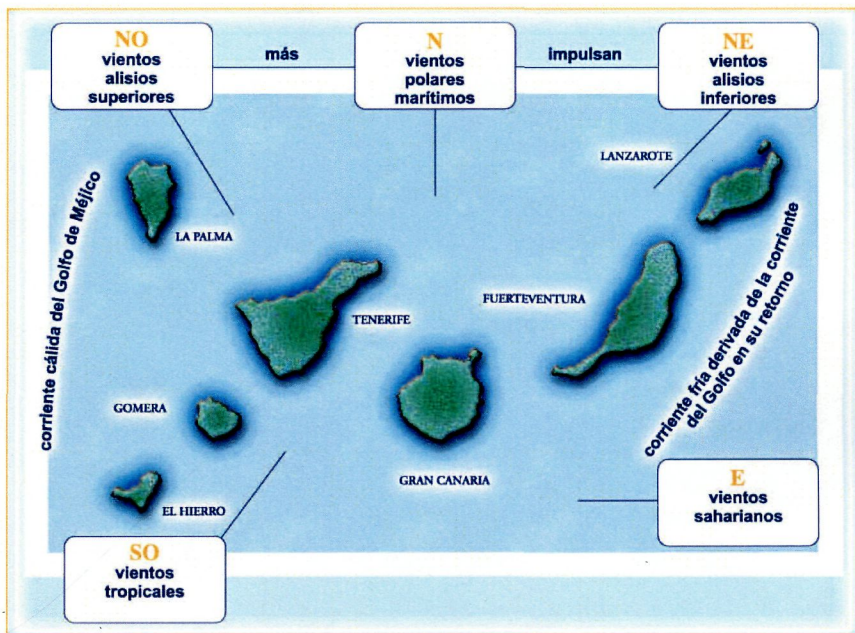


Fig. 3. Vientos que afectan a Canarias

Los vientos alisios inferiores de dirección Noreste, son vientos marinos, bajos y húmedos, que al chocar con la pronunciada orografía de algunas islas, se condensan y producen lluvias en las vertientes norte de las mismas. La acción de estos vientos está en gran parte contrarrestada por los alisios superiores, secos y cálidos de dirección Noroeste, que operan a cotas más altas. Por esta confluencia de vientos, puede hablarse de tres clases de climas predominantes que definen otras tantas zonas: costas, medianías y cumbres [Álvarez de la Peña (1981)].

En las “costas” se dan las temperaturas más idóneas para el desarrollo de la platanera. Se caracteriza por la influencia de brisas marítimas, siendo muy escasas las oscilaciones térmicas. La temperatura media oscila entre 19° y 24° C y la precipitación media anual es de unos 200 mm. Las “medianías” son las zonas más favorecidas por las precipitaciones debido al influjo directo de los vientos alisios inferiores, pudiendo alcanzar las mismas una media de 500 a 1000 mm al año. Las “cumbres” tienen características de clima continental, produciéndose cambios bruscos de temperatura. Recibe la influencia del componente superior de los vientos alisios, de aire seco y cálido, excepto durante las invasiones de aire marítimo polar del norte. Las precipitaciones medias son de unos 400 mm al año [Álvarez de la Peña (1981)].

Por otra parte, las condiciones climáticas no sólo están condicionadas por la altura, sino que también hay diferencias entre la zona norte y sur de las islas. Las vertientes norte de las islas son las más beneficiadas por la acción de los vientos alisios, que dan lugar a la formación de nubes de altura y desencadenan lluvias, sobre todo en otoño e invierno, (fig. 4). Las islas de menor altura, Fuerteventura y Lanzarote, prácticamente no sacan provecho de estos vientos que pasan por ellas sin dar lugar a la formación de nubes. En cuanto a la vertiente sur, las costas son más secas y áridas que las de la vertiente norte, y sólo las partes de medianías de la misma se benefician de precipitaciones ocasionales e intensas provocadas por los vientos tropicales del Sudoeste [García (1977)].

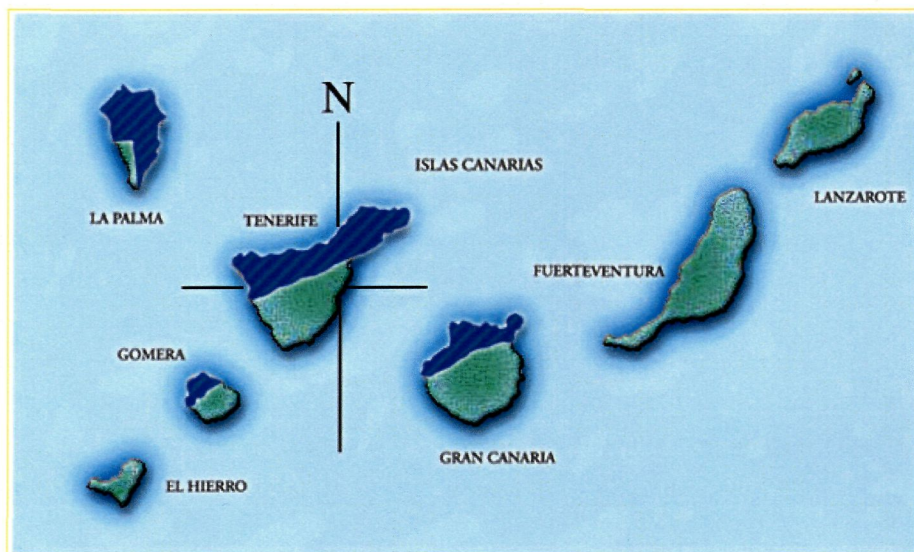


Fig. 4. Las Islas Canarias – la zona sombreada corresponde a la región bajo la influencia de los alisos

Por tanto, cada isla puede dividirse en dos zonas perfectamente definidas, una húmeda y fresca, que coincide generalmente con la vertiente norte, la otra, seca y calurosa, que se suele llamar sur pero que no coincide siempre exactamente con el sur geográfico. Estas diferencias son todavía más acusadas en las islas que presentan una orografía de orientación este-oeste, como es el caso de Tenerife. Por otra parte, en cada vertiente al aumentar la altura, disminuye la temperatura. Estas diferencias climáticas hacen que los ciclos vegetativos varíen de una zona a la otra, concentrando la producción en épocas diferentes del año, según la situación de las plantaciones.

Resulta de esta situación que el cultivo de la platanera está localizado en la franja costera de las islas occidentales, que son también las más montañosas, por debajo de los 300 m de altitud. A cotas superiores el ciclo vegetativo se alarga y las producciones son menores, con lo cual el cultivo no es económico [Álvarez de la Peña (1981)].

Al principio, sólo se plantaba sobre las vertientes norte, debido a la mayor abundancia de agua de riego. Sin embargo, la temperatura anual media, más elevada de la vertiente sur, así como la canalización del agua de riego desde la vertiente norte, han tenido por efecto que actualmente las mejores zonas de producción platanera se encuentren en la zona sur, más exactamente en el Sudoeste, donde se encuentran las más bellas plantaciones de las Islas. Por ejemplo, Tzacorte en La Palma, Adeje y Guía de Isora en Tenerife y Arguineguin en Gran Canaria [García (1977)].

### ***TÉCNICAS DE CULTIVO***

Otro aspecto particular a señalar al respecto del cultivo de la platanera en las Islas Canarias es la naturaleza artificial de las terrazas donde se realizan las plantaciones. La operación de preparación del terreno se conoce con el nombre de “sorríba”, la cual consiste en la construcción de bancadas o terrazas, colocando sobre la roca madre una capa de drenaje de unos 30 cm a base de material grosero y a continuación la tierra de cultivo, con unos 80 cm de profundidad. En general las terrazas se sitúan a cotas inferiores a 300 m y el suelo proviene de regiones de altura superior a 700 u 800 m. Esto es debido a que en las zonas ideales para la producción del cultivo los suelos o son salinos, o no existen, ya que la superficie del terreno está recubierta de piedra volcánica. En algunas ocasiones, cuando se encuentran suelos de gran profundidad en zonas más o menos próximas a los cultivos de plátanos, se explotan como canteras para la construcción de terrazas.

El acondicionamiento de estas terrazas exige, aparte de la modificación del subsuelo, la construcción de elevados muros de contención de mampostería seca u hormigonada, para compensar la desnivelación del terreno y la instalación de cortavientos o “zocos”, para proteger a las plataneras de las brisas y vientos. Todo ello conduce a unos costes por unidad de superficie muy elevados.

---

En cuanto a los marcos y densidad de plantación, dependen de las zonas de las islas, norte o sur, y dentro de cada zona según las condiciones climáticas. Así, a mayor temperatura, mayor densidad de plantación; cuanto mayor sea la insolación, mayor densidad de plantación; a menor altura, mayor densidad de plantación. También en zonas de brisas constantes, puede ser conveniente aumentar la densidad de plantación.

En las vertientes sur de las islas, la densidad media suele ser de unos 1800 a 2000 plantones/ha en las costas y 1600 plantones/ha en las medianías. En las vertientes norte se suelen plantar alrededor de 1450 plantones/ha en las costas y entre 1270 y 1360 plantones/ha en las medianías. En Gran Canaria, las densidades medias de plantación son superiores a las del resto de las islas, plantándose en las costas alrededor de 2200 plantones/ha y entre 1800 y 2000 plantones/ha en las medianías [Álvarez de la Peña (1981)].

### ***NATURALEZA DE LOS SUELOS***

Una característica muy importante de los suelos canarios es su elevada fertilidad. Si se tiene en cuenta la naturaleza volcánica de estas islas, se comprende que los suelos sean en general ricos en bases, especialmente potasio, tan necesario para la platanera. Si se comparan las características de estos terrenos con aquellas de otras regiones productoras, se constata inmediatamente la riqueza de los suelos canarios.

A pesar de esta riqueza, la fertilización que el agricultor canario aporta a sus cultivos es generalmente importante, si bien varía mucho de un agricultor a otro. La razón de estas dosis elevadas de fertilizantes, muchas veces en cantidades muy superiores a las necesidades de la planta, se explica teniendo en cuenta los costes elevados del agua de riego y de la construcción de terrazas, no se puede correr el riesgo de una producción pobre debida a una fertilización deficiente. Estas cantidades de fertilizantes, después de muchos años de cultivo, acrecientan todavía más la riqueza de los suelos, cuyas características de fertilidad varían en gran parte con el programa de fertilización practicada por el explotador.

A esta diversidad de programas de fertilización hay que sumarle otra característica todavía más importante que es la diferencia de origen de los suelos con los que se fabrican las terrazas. Todo ello implica necesariamente una gran variabilidad de las características físico-químicas de los suelos de unas zonas a otras e incluso para una misma zona. Es por esto, por lo que no se puede hablar desde un punto de vista puramente edafológico de la naturaleza de los suelos de plátanos en todas las islas, dada su profunda transformación de origen.

## TAXONOMÍA

Los bananos pertenecen al género *Musa*, que es parte de la familia de las *Musaceae*. La familia de las Musáceas es una de las seis familias del orden Zingiberales, que incluye unas 1000 especies.

### LA FAMILIA MUSACEA

La familia de las Musáceas contiene dos géneros, *Musa* y *Ensete*. Las Musáceas están distribuidas desde África Occidental hasta el Pacífico, pero la mayoría de ellas proviene del Sudeste de Asia. La familia consiste en altas hierbas perennes con seudotallos compuestos de vainas foliares. Los géneros se distinguen entre sí principalmente en base a las características del racimo.

#### **GÉNERO ENSETE.-**

Este género probablemente se originó en Asia y se propagó en una etapa temprana a África. La especie más importante es *E. ventricosum* (Welw) Cheesm, la cual representa el alimento básico en algunas partes del sur de Etiopía. Del corno y del seudotallo se extrae almidón comestible, que se fermenta para preparar “kocho”, un alimento importante para millones de personas en la región. De los seudotallos también se obtiene fibra con la que se fabrican cordeles y sacos.

---

## **GÉNERO MUSA.-**

Este género se divide en cuatro secciones, *Callimusa*, *Australimusa*, *Eumusa* y *Rhodochlamys*. Las especies de las secciones *Callimusa* y *Rhodochlamys* son sólo de interés ornamental, ya que no producen fruta comestible.

### ▪ *Sección Australimusa*

Desde el punto de vista económico, el miembro más importante del género *Musa* es *Musa textilis* (Abaca, cáñamo de Manila). Esta especie produce una fibra fuerte y elástica, la cual se utiliza en la manufactura de sogas marinas y en la industria pesquera, ya que es resistente a la humedad y al agua salada. El principal productor del cáñamo de Manila es Filipinas, donde actualmente se utiliza para hacer cordeles, sogas y tejidos, que comúnmente se usan para producir artesanías.

La sección *Australimusa* también incluye un grupo poco extendido de tipos de cultivares comestibles, que colectivamente se conocen como bananos Fe'i. Estos cultivares pueden ser distinguidos de otros bananos cultivados por sus racimos de frutas erectas y su savia, que es generalmente de color rojo. Los bananos Fe'i originariamente se distribuían desde las islas Molucas hasta Hawai y Tahití. Además de que de estos bananos proporcionan una fuente de alimentos, fibra para la producción de sogas y tejidos, también de sus pseudotallos se puede extraer un tinte de color rojo oscuro.

### ▪ *Sección Eumusa*

Virtualmente, todas las variedades cultivadas de bananos y plátanos han surgido del grupo *Eumusa*. Esta sección es la más grande del género y la más propagada geográficamente, desde la India al Pacífico. La sección contiene 11 especies pero la mayoría de los cultivares derivan de sólo dos, *Musa acuminata* (genoma A) y *Musa balbisiana* (genoma B).

Según Simmonds y Shepherd (1955), los bananos comestibles se originaron a partir de dos especies silvestres con semillas, *Musa acuminata Colla* y *Musa balbisiana Colla*, que son endémicas del Sudeste Asiático. Cheesman (1948)

reconoció tres grupos de cultivares distintos morfológicamente. El primer grupo muestra predominantemente los caracteres botánicos de *Musa acuminata*, el segundo grupo de cultivares exhibe principalmente las características morfológicas de *Musa balbisiana*, mientras que el tercer grupo tiene características que mezclan los caracteres morfológicos de las dos especies silvestres y son considerados como sus híbridos naturales.

Los bananos comestibles primitivos eran diploides que evolucionaron a través del desarrollo de la esterilidad y partenocarpia en *Musa acuminata*. A través de la selección humana, varios clones empezaron a ser cultivados, especialmente en las partes lluviosas del Sudeste de Asia. Posteriormente, a través de la restitución de cromosomas, se desarrollaron los cultivares triploides. Estos últimos demostraron ser más vigorosos y productivos por lo que ganaron mayor popularidad.

Cheesman indicó que los cultivares diploides comestibles sin semillas de *Musa acuminata* debían ser tratados como pertenecientes a la misma especie que sus progenitores silvestres, ya que retuvieron las características morfológicas de sus antepasados silvestres. Asimismo, los cultivares triploides sin semillas que se desarrollaron a través de la restitución de cromosomas también debían ser reconocidos como pertenecientes a la misma especie que sus progenitores, ya que la adición de un juego de cromosomas a través de la autoploidia no introdujo nada nuevo a la constitución genética del clon.

En las áreas más secas del Sudeste de Asia, donde predomina la *Musa balbisiana* silvestre y con semillas, ocurrió un desarrollo evolutivo paralelo que llevó a la aparición de los cultivares *balbisiana* diploides y triploides puros [Valmayor et al. (1991)]. Como el desarrollo de la esterilidad y partenocarpia no alteró significativamente las características morfológicas de los clones resultantes, el nombre científico de *Musa balbisiana* debe ser aplicado a los cultivares comestibles diploides y triploides derivados de los progenitores *balbisiana* silvestres.



---

En el centro de origen de los bananos, la distribución natural de *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* silvestres se superpone y debido a que el cruzamiento entre ambas especies es compatible, ocurrió la hibridación. Los híbridos que evolucionaron de estas dos especies naturales incluyen diploides, triploides y unos pocos tetraploides en diversas combinaciones genómicas.

La composición genómica de los cultivares del banano ayuda a diferenciar las variedades de postre de las variedades de cocción. Todos los clones puros de *Musa balbisiana* son bananos de cocción, mientras que muchas variedades puras de *Musa acuminata* son bananos de postre. Entre los híbridos se encuentran los cultivares que se pueden consumir frescos o cocinados, bananos de postre y de cocción, incluyendo los plátanos. El término general plátano es aplicable sólo a un subgrupo específico de bananos de cocción y no incluye los numerosos y diferentes cultivares de cocción que son muy populares en Asia. Por otro lado, el término banano no se limita a las variedades de postre, sino que también cubre a todas las variedades de cocción, incluyendo los plátanos. En otras palabras, todos los plátanos son bananos, pero no todos los bananos son plátanos.

## CICLO DE VIDA



Aunque se le suele llamar el árbol de la banana, no es un árbol, es una hierba de gran talla. En realidad, es la hierba más grande del mundo. El tallo verdadero, llamado rizoma o bulbo, es corto y permanece enterrado. Este corto tallo subterráneo, corrientemente llamado ñame o cabeza, emite ramificaciones laterales a las que se denominan retoños o hijos.

El meristemo terminal del tallo produce desde muy joven hojas que se disponen en forma helicoidal. Estas hojas tienen una parte basal bien desarrollada, llamada vaina foliar.

El conjunto de las hojas, con las vainas foliares fuertemente superpuestas una sobre la otra, forman el seudotallo, conocido vulgarmente con el nombre de rolo, el cual se parece al tronco de un árbol pero no tiene madera. La parte superior de la vaina foliar se afina en un robusto pecíolo prolongado en una nervación central. A ambos lados del nervio central se extienden las dos partes simétricas del limbo. Cuando los limbos de las hojas se despliegan alrededor del seudotallo dan a la planta la apariencia de un árbol. Las hojas nuevas aparecen en la parte superior del falso tallo y se desenvuelven posteriormente.

En el 6° o 7° mes aparece la flor. La planta tarda entre 9 y 12 meses en producir frutos, dependiendo el peso de la variedad. Cada punto de crecimiento produce

---

40±10 hojas antes de ser reproductor, aunque en las regiones subtropicales o a elevada altitud, sólo produce 26±2 hojas al año. En general, una vez que se produce la primera cosecha, la plantación entra en una fase de producción casi continua, si bien la distribución de la cosecha puede experimentar grandes variaciones estacionales. A la planta que ya ha fructificado se le llama abuela o abuelo y madre o padre a la que está en proceso de fructificación. El proceso de floración y producción de frutos es el siguiente:

- 1.- Cuando la planta llega a la talla adulta, el meristemo central experimenta una acción hormonal que detiene la diferenciación de los brotes foliares en formación y determina el inicio de la emisión de la inflorescencia. Casi al mismo tiempo, el tallo verdadero comienza a prolongarse en el interior delseudotallo, mientras que la inflorescencia se desarrolla, engrosa y emerge impulsada por el tallo en la parte superior delseudotallo. Esta es la emisión de la inflorescencia.



- 2.- La inflorescencia, que tiene una serie de brácteas color púrpura, se curva hacia el suelo, con la yema colgando verticalmente.

- 3.- Las brácteas se levantan, se abren una por una por orden de antigüedad, se repliegan, caen y las flores emergen.
- 4.- Primero aparecen los grupos de flores femeninas, seguidos de las hermafroditas y luego las masculinas.



- 5.- Los largos ovarios de las flores femeninas se transforman en frutos o “dedos”, los cuales apuntan hacia el cielo, en busca de luz.





6.- Las flores masculinas, que no se convierten en frutos, junto con las brácteas que las cubren, forman una masa apretada en el extremo inferior del racimo, que no tiene utilidad alguna, excepto como alimento para el ganado y se le conoce con el nombre de bellota.

7.- Cuando el racimo de plátanos adquiere su forma final está constituido por una serie de grupos de “dedos”, conocidos como “manos”, cuyo número, en general de 5 a 15, depende de la variedad y de las condiciones del medio ambiente.



En resumen, el banano es una hierba de gran talla, que produce un único racimo. Cuando el racimo es recogido, la madre muere. Se corta elseudotallo, no sólo se corta el tallo de la florescencia. De todas maneras, si se conservara elseudotallo, terminaría por pudrirse lentamente. Antes de cortarse el racimo, la planta madre asegura su sucesión desarrollando nuevos tallos a su lado, conocidos como “retoños” o “chupones”. Cada hijo puede convertirse en una planta adulta, bien como sucesora de la planta madre en el mismo lugar de emplazamiento que ésta o puede ser trasladado para ser plantado en otro lado. La continuidad queda asegurada por vía vegetativa.

## **REQUERIMIENTOS AMBIENTALES**

### ***REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS***

Bajo condiciones adecuadas de suministro de agua y de nutrientes, los índices de aparición de hojas y de crecimiento de la fruta están estrechamente relacionados con la temperatura.

Lahav y Turner (1992) señalan que la temperatura óptima para el desarrollo de la hoja es de 25–30 °C (fig. 5). En los trópicos, un ciclo de cultivo puede reducirse a tan solo 7 meses. El banano es una planta sensible a las bajas temperaturas, hasta el punto de que temperaturas inferiores a los 10 °C son excesivamente frías para el cultivo y si las hojas se exponen a temperaturas de –2 °C durante 10–15 minutos, se producen daños irreversibles.

El índice de asimilación neta de las hojas está relacionado con la radiación solar total [Turner (1972), si bien la reducción de un 50% de la luz solar por sombra no supone una disminución de la producción en las regiones tropicales [Murray (1961)].

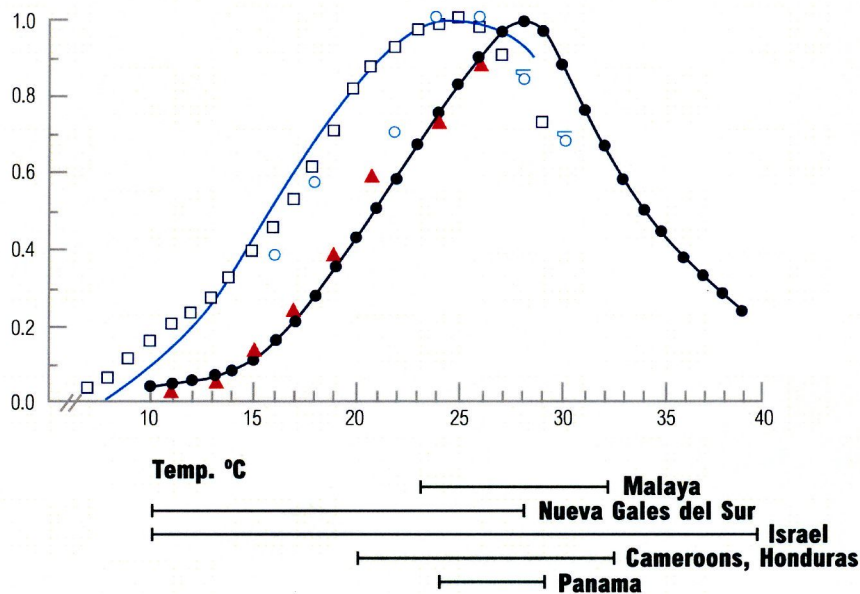


Fig. 5. Relaciones con la temperatura (°C) de la elongación relativa de la hoja de diferentes variedades de banano. “Cavendish Gigante” (●), “Cavendish Enana” (▲), “Williams” (○). Se muestra la temperatura media mínima y media máxima de algunas regiones productoras de bananos, [Lahav y Turner (1992)]

El viento moderado influye de forma positiva en el cultivo de la planta pero a grandes velocidades, unos 30 m/s, destruye la plantación. En general se usan cortavientos para evitar efectos devastadores. El viento rasga las hojas y según Taylor y Sexton (1972), en las *Musáceas* este hecho aumenta la eficiencia de la fotosíntesis, favorece la asimilación del agua por las hojas y reduce la intensidad de calor en condiciones de mucha radiación. En situaciones de escasa velocidad de viento, menor que 3 m/s, a la cual no se produce rasgado de las hojas, se puede conseguir un efecto similar doblando las mismas.

La idea de que el cultivo exige una elevada humedad está muy generalizada, pero la banana se cultiva con éxito en zonas de humedad relativa muy

variada, desde climas áridos a los húmedos trópicos. No se disponen de datos precisos sobre la influencia de la humedad sobre el crecimiento y la producción del banano.

Los primeros trabajos sobre la nutrición del banano reflejaron un marcado interés por los efectos del clima sobre el crecimiento y la producción. Las respuestas a los nutrientes siempre fueron interpretadas en el contexto del clima y la ontogenia de la planta, [Summerville, (1944)]. Esta premisa sigue siendo aceptada y es fundamental para la comprensión de las demandas de nutrientes del cultivo, las deficiencias estacionales de los mismos y la aplicación de fertilizantes para optimizar la producción.

### ***REQUERIMIENTOS EDÁFICOS***

El cultivo del banano es viable en una amplia variedad de suelos, si bien se ha experimentado poco para definir con exactitud las condiciones edáficas necesarias para maximizar la producción. Algunos suelos de América Central producen 50-60 t/ha/año de fruta de alta calidad de exportación. Estos suelos, compuestos de arcilla, arena y material vegetal en descomposición, son ligeros, profundos, fértiles y drenan bien. La producción puede reducirse en suelos con un alto contenido en arcilla o en los que exista un manto compacto o de grava a unos 30-60 cm de profundidad, [Stover, (1972)]. Un drenaje deficiente puede constituir un problema en algunas de estas situaciones.

La idea de que las raíces del banano son pequeñas está ampliamente generalizada, pero el sistema radicular de este cultivo no es inherentemente poco profundo, dependiendo el tamaño de las mismas de las condiciones del suelo. Los acuíferos localizados a poca profundidad dan lugar a sistemas radiculares de poco tamaño, mientras que los acuíferos profundos permiten que las raíces penetren hasta 1.5 m e incluso más. Los métodos de riego influyen en la distribución de las raíces. El riego por goteo hace que el sistema radicular sea menos extenso que con el empleo de riego por desbordamiento o por aspersión.



El efecto del pH del suelo sobre la producción del banano no ha sido estudiado extensamente, si bien queda patente que el cultivo puede crecer en suelos con pH extremos, de 3.5 a 9.0, aunque probablemente el rango de pH más generalizado va de 5.5 a 8.0. En Guinea, el pH está relacionado positivamente con el rendimiento de la planta, [Champion et al. (1958)], demostrándose que los suelos con pH 4.5 eran la mitad de productivos que los suelos de pH 6.0. Godefroy et al. (1978) aplicaron cal a un suelo de pH 3.5 a 4.0 en proporciones de hasta 24 t/ha, estudiando los cambios físicos y químicos que se producían en el suelo y en la productividad de la platanera. El pH del suelo cambió de 3.5 a 6.7, pero la producción total no experimentó una variación significativa a lo largo de tres ciclos de cultivo, (tabla 3)

<i>Tratamiento (t/ha)</i>	<i>pH*</i>	<i>Producción (t/ha)</i>			
		<i>Ciclo de cultivo</i>			<i>Total</i>
		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	
0	3.4	43.8	48.0	39.0	130.8
3	4.2	43.4	47.9	41.6	132.9
6	4.7	43.4	47.8	42.3	133.5
12	5.9	46.2	48.6	44.1	138.9
24	6.7	44.3	49.5	43.3	137.1
		NS	NS	NS	

\* después de 2 años; NS: diferencia no significativa

Tabla 3.- Efectos que tiene la aplicación de cal a un suelo de turba sobre el pH del suelo y la producción [Godefroy et al. (1978)]

En las Islas Canarias, donde con frecuencia se obtienen producciones de hasta 75 t/ha, el pH del suelo varía entre límites muy amplios, tabla 4. Incluso en cada isla la vertiente norte y sur de las mismas muestran diferencias considerables de pH, consecuencia de sus características climáticas [Fernández Caldas et al (1971b)]

PORCENTAJES DE SUELOS CON DIFERENTES VALORES DE pH EN LAS ISLAS CANARIAS								
pH	La Palma		Gomera		Tenerife		Gran Canaria	
	Norte	Sur	Norte	Sur	Norte	Sur	Norte	Sur
< 5	29 %	11 %	20 %	-	9 %	-	4 %	-
5 - 6	31 %	21 %	20 %	-	9 %	2 %	11 %	-
6 - 7	29 %	27 %	16 %	10 %	22 %	8 %	12 %	3 %
7 - 8	8 %	27 %	10 %	40 %	26 %	19 %	27 %	26 %
> 8	3 %	14 %	34 %	50 %	34 %	71 %	46 %	71 %

Tabla 4. Variaciones de pH en los suelos de plataneras de las Islas Canarias, [Fernández Caldas et al. (1971b)]

Estas variaciones tan amplias de pH no ejercen efecto alguno sobre la productividad; los rendimientos más elevados se obtienen tanto en suelos ácidos como en suelos alcalinos, incluso en aquellas zonas con valores de pH menores que cinco y mayores que ocho, [García et al. (1979) y (1977), Fernández Caldas et al. (1971a) y (1971b)]. En concreto, en el Sur de la Isla de Tenerife se encuentran plantaciones con pH >9, con producciones superiores a otras zonas de la Isla con valores menores de pH. En la actualidad, al menos en lo que concierne a la isla de Tenerife, el pH se ha incrementado en casi la mitad de los municipios [Álvarez et al. (1999)]. Estos datos avalan la hipótesis de que el banano es tolerante a un amplio espectro de pH, si bien pH muy alcalinos pueden restringir el suministro de microelementos.

Por otra parte, el pH del suelo ha sido relacionado en numerosas ocasiones con la enfermedad “Mal de Panamá”, que se desarrolla preferentemente en suelos ácidos. Este hecho ha sido constatado por Álvarez et al. (1981).

El efecto del pH no es sorprendente, si se tiene en cuenta que el *Fusarium oxysporum* var. *cupense* es acidófilo [Stover (1962)], con lo que podrá encontrar mejores condiciones de desarrollo y ataque en suelos ácidos.

---

Por otra parte, la acidez, que implica una disminución en los suelos del calcio y el magnesio cambiables, aumenta la solubilidad del aluminio, hierro y boro, que en ciertos casos pueden llegar a alcanzar valores tóxicos, y disminuye la solubilidad del molibdeno. Con todo esto, existe también la posibilidad de una acumulación de toxinas orgánicas. Por contra, en los suelos de acidez poco elevada o neutros las condiciones químicas y biológicas son más satisfactorias [Álvarez et al. (1981)]

### ***REQUERIMIENTOS HÍDRICOS***

El empleo que hace del agua el banano está en función de la cantidad suministrada -agua de lluvia o riego-, capacidad de retención del suelo, evaporación y otros factores relacionados con la planta como es el índice de área de las hojas. Cuando en las regiones subtropicales se detiene el crecimiento durante el invierno, el uso del agua es mínimo a pesar de que el área de las hojas pueda ser considerable.

El riego es un factor importante relacionado con la nutrición, si bien las investigaciones acerca de este hecho son muy escasas. El agua de riego puede utilizarse como portadora de nutrientes, sirve para lixiviar sales de perfil en zonas secas y para trasladar el fertilizante aplicado a la zona radicular. Si la aportación de agua limita el crecimiento, la absorción de nutrientes se puede ver restringida.

Un estudio realizado en Israel [Lahav (1977)], pone de manifiesto que tanto los riegos reducidos como el sistema de riego empleado influyen en el contenido en nutrientes de la planta. Bajo condiciones de poca cantidad de agua, el contenido de P en las hojas se vio disminuido. Por otro lado, la concentración de P y K en el pecíolo fueron menores con el riego con goteo en comparación con el riego por aspersión (tabla 5). Este autor también indica que el riego por goteo reduce de forma significativa la clorosis férrica.

<i>Elemento</i> *	<i>Variedad</i>	<i>Sistema de riego</i>		<i>S. E.</i>	<i>Sig.</i>
		<i>Aspersión</i>	<i>Goteo</i>		
K	Williams	4.3	3.5	0.12	0.05
	Enana	5.8	3.5	0.17	0.01
P	Williams	0.11	0.09	0.006	0.05
	Enana	0.12	0.10	0.004	0.05

\*Las concentraciones de N no se vieron afectadas

Tabla 5. Efecto del método de riego sobre las concentraciones de P y K (% peso seco) en el pecíolo VII de 32 plantaciones de la variedad Enana y 27 de la Williams localizadas en Israel. [Lahav (1977)]

# LA NUTRICIÓN MINERAL DEL BANANO

## CONCEPTOS GENERALES

### *NUTRICIÓN MINERAL*

La nutrición de la planta constituye uno de los factores más importantes que inciden en la producción del cultivo y calidad del producto. La fruta es especialmente sensible a la nutrición mineral ya que está constituida mayormente por materia no producida intrínsecamente en la misma. Este hecho implica que los nutrientes disponibles en un momento dado, tanto orgánicos como inorgánicos, se muevan preferentemente hacia los frutos en desarrollo a expensas de otros órganos de la planta.

El hecho de que la nutrición de las plantas es mineral fue establecido por Théodore de Saussure en 1804. Enfoques más detallados de la nutrición de las plantas en relación con la práctica agrícola comenzaron con Justus von Liebig (1843), cuya “ley del mínimo” continúa sirviendo de base general para la interpretación del análisis de plantas y suelos. Esta ley, que dice que el rendimiento de una cosecha siempre depende del elemento nutritivo más débilmente representado, hoy en día puede reformularse de la siguiente manera: la mayor reacción de una planta a un incremento de absorción es para aquel nutriente que está más lejos de su óptimo, [Martín-Prével et al. (1987)].

Utilizando plantas cultivadas en una solución nutritiva, investigadores como Sachs, Knop y Pfeffer [citados por Pérez Melián (2002)], establecieron que los elementos fundamentales para el desarrollo de las plantas, son siete, además del carbono, hidrógeno y oxígeno. Estos elementos son: nitrógeno, fósforo, azufre, potasio, calcio, magnesio y hierro.

Posteriores investigaciones, utilizando compuestos químicos más puros y técnicas más refinadas, establecieron que por lo menos otros siete elementos adicionales son necesarios para el crecimiento de las plantas. Estos elementos son: cobre, manganeso, molibdeno, cinc, boro, sodio y cloro.

Las plantas necesitan para su desarrollo Oxígeno, Carbono e Hidrógeno - aire y agua – disponibles en cualquier medio de cultivo y otros elementos esenciales para la vida del vegetal, que llegan a la planta a través de las raíces mediante fenómenos de ósmosis, por lo que su existencia debe ser en forma iónica. Los elementos esenciales para el desarrollo de los vegetales se dividen en “macronutrientes” y “micronutrientes”, según que sean requeridos por los vegetales en grandes o en pequeñas cantidades, tabla 6.

<i>MACRONUTRIENTES</i>		<i>MICRONUTRIENTES</i>	
<i>Elemento</i>	<i>Forma Utilizable por la Planta</i>	<i>Elemento</i>	<i>Forma Utilizable por la Planta</i>
N	$\text{NO}_3^-$ , $\text{NH}_4^+$	Fe	$\text{Fe}^{2+}$
P	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{HPO}_4^{2-}$	Mn	$\text{Mn}^{2+}$
S	$\text{SO}_4^{2-}$	B	$\text{BO}_2^-$
K	$\text{K}^+$	Zn	$\text{Zn}^{2+}$
Ca	$\text{Ca}^{2+}$	Cu	$\text{Cu}^{2+}$
Mg	$\text{Mg}^{2+}$	Mo	$\text{MoO}_4^{2-}$
		Cl	$\text{Cl}^-$
		Na	$\text{Na}^+$

Tabla 6. Elementos esenciales y forma en la que son absorbidos por la planta

El banano es una especie vegetal con un poder de crecimiento realmente exuberante, lo que tiene por consecuencia una exigencia cuantitativa de elementos minerales extremadamente elevada, por lo que para su crecimiento y la producción de

fruta, el banano necesita altas cantidades de nutrientes minerales, parte de los cuales a menudo se encuentran en el suelo. Para alcanzar una producción de 50 t/ha/año de fruta fresca, la plantación extrae del suelo cerca de 1500 Kg/ha/año de K, [Lahav y Turner (1992)]. Esto da una idea de la importancia de reponer notables cantidades de nutrientes con el fin de mantener la fertilidad de la tierra y hacer posible la obtención continuada de grandes producciones. Esto se consigue mediante la aplicación de abonos orgánicos, fertilizantes minerales o ambos.

Los requerimientos generales de nutrientes se pueden estimar a partir del análisis de toda la planta y el desarrollo de la misma. El agricultor ha de conocer la capacidad del suelo para cubrir las necesidades del cultivo y estimar si se requieren aportes suplementarios de fertilizantes.

Para solucionar este problema se han adoptado dos enfoques. Uno de ellos, se basa en la realización de experimentos de campo en una amplia variedad de tipos de suelos. Twyford (1967) ha examinado muchos de estos experimentos y otros muchos se han llevado a cabo desde mediados de los años 60. La extrapolación fiable de estos resultados es limitada ya que, aparte de los problemas asociados a la interpretación de los resultados obtenidos en experimentos de campo sobre el banano, dichos resultados dependen de las condiciones locales de clima, suelo y cultivar. En un esfuerzo por hacer que los resultados de los experimentos de campo sean más útiles, se ha hecho hincapié en otro enfoque: el análisis de la planta y el suelo, con el fin de determinar las cantidades de fertilizantes necesarias para maximizar la producción, [Lacoeuilhe y Martín Prével (1971), Marchal et al. (1972), Warner y Fox (1977)].

## ***DESEQUILIBRIOS NUTRICIONALES***

Se considera que la planta es deficiente en un elemento cuando su concentración en los tejidos cae por debajo de los niveles que permiten un crecimiento óptimo. Una deficiencia puede presentarse cuando la concentración en el medio de

---

cultivo del elemento en cuestión es baja, o bien cuando está en una forma química que no puede ser utilizada por la planta

A veces puede desarrollarse también una deficiencia debida a los efectos antagónicos entre algunos elementos, de tal manera que la presencia de uno de ellos en una concentración determinada dificulta la absorción de otro. Otras veces la deficiencia o exceso de un ion no depende en absoluto de su nivel, sino de la proporción entre su nivel y el de otro nutriente.

Cuando un tejido es deficiente en un elemento esencial, se producen una serie de alteraciones metabólicas que pueden retrasar e incluso interrumpir los procesos normales de crecimiento y desarrollo. Si las deficiencias son muy severas, se producen en la planta una serie de síntomas patológicos que pueden permitir al agricultor familiarizado con éstos la identificación de las mismas. Sin embargo, las alteraciones metabólicas, con la consiguiente disminución en el rendimiento, pueden tener lugar sin que aparezcan síntomas de deficiencia o mucho antes de que éstos aparezcan, por lo que es necesario siempre un análisis de tejidos para conocer el estado nutricional de la planta en un momento dado.

Aún así, los síntomas a veces pueden ser útiles para diagnosticar desequilibrios en el suministro de nutrientes. En las tablas 7 y 8 se encuentra resumidos los síntomas visuales atribuibles a estados de deficiencia o exceso de nutrientes en el banano.



<b>SÍNTOMAS DERIVADOS DE DEFICIENCIAS MINERALES</b>			
<b>EDAD DE LA HOJA</b>	<b>SÍNTOMAS EN LA HOJA</b>	<b>SÍNTOMAS ADICIONALES</b>	<b>ELEMENTO</b>
<b>Todas las Edades</b>	Palidez uniforme	Pecíolos de color rosa	N
		Encorvadura de la nervadura central (ángulo, inclinación)	Cu
<b>Sólo Hojas Jóvenes</b>	Toda la hoja de color amarillo-blanco	Engrosamiento de la nervadura secundaria	Fe
			S
	Marcas en las venas	Hojas deformadas (hoja incompleta)	B
	Rayas a lo largo de las venas	Color rojizo en la parte inferior de las hojas más jóvenes	Zn
	Clorosis marginal	Engrosamiento de las venas. Necrosis desde el margen hacia el interior	Ca
<b>Sólo Hojas Viejas</b>	Clorosis marginal en forma de sienta de sierra	Rotura de pecíolo. Hojas jóvenes de color bronce-azulado	P
	Clorosis en la mitad de la hoja mientras la nervadura principal y los márgenes permanecen verdes	El límite de clorosis no está claro. Desintegración del seudotallo	Mg
	Suciedad de la hoja amarillo-verdosa		Mn
	Clorosis amarillo-anaranjada	Doblamiento de la hoja. Secado rápido de la hoja	K

Tabla 7. Resumen de síntomas derivados de deficiencias nutricionales en el banano. [Lahav y Turner (1992)]

<b>SÍNTOMAS DERIVADOS DE EXCESOS NUTRICIONALES</b>		
<i>SÍNTOMAS SOBRE</i>	<i>DESCRIPCIÓN DEL SÍNTOMA</i>	<i>ELEMENTO</i>
<i>Pecíolos</i>	Azul	Mg
<i>Hojas</i>	Clorosis irregular seguida de necrosis	
	Clorosis marginal seguida de necrosis	Na, B
	Ennegrecimiento marginal seguido de necrosis	Fe, Mn
	Rallas cloróticas	As
<i>Fruta</i>	No rellena	
	No rellena	Cl
	Racimos débiles, manos muy espaciadas	N
<i>Raíces</i>	Inhibición del crecimiento	Cu

Tabla 8. Resumen de síntomas derivados de excesos nutricionales en el banano. [Lahav y Turner (1992)]

### **INTERACCIONES ENTRE NUTRIENTES**

Cuando al aumentar el suministro de un ion disminuye la concentración de otros iones, se dice que se produce “antagonismo”. Lo contrario se denomina “sinergismo”. En la mayoría de las plantas, la base fisiológica de estas observaciones es confusa y a menudo no se observan antagonismos entre iones en experimentos a corto plazo [Mengel y Kirkby (1982)].

Sin embargo en el banano, los antagonismos entre nutrientes han sido objeto de análisis por parte de varios investigadores y aunque se han encontrado numerosos antagonismos y sinergismos, la mayor parte de los estudios se centran en los cationes K, Ca y Mg. En la tabla 9 se indican los efectos que ocasionan las deficiencias de nutrientes sobre los contenidos minerales en la hoja del banano.

<b>EFEECTO</b> (%)	<b>ELEMENTO DEFICIENTE</b>							
	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>S</b>
<b>N</b>	-		-		+, 0			+, 0
<b>P</b>	+	-	-	+	-	0	+	+
<b>K</b>	+		-	+	+, 0	0	-	
<b>Ca</b>	-		+	-	+, 0	±		+
<b>Mg</b>	+	-	+	+	-	+		0
<b>Mn</b>			-		+	-		
<b>Cu</b>			+		0			
<b>Zn</b>			0		0		0	
<b>Fe</b>		-						
<b>Na</b>		-	0					
<b>Cl</b>			+					

Tabla 9. Efectos de las deficiencias minerales sobre la concentración de otros nutrientes  
 +: aumento; -: descenso; ±: ambos cambios observados; 0: sin efecto  
 [Lahav y Turner (1992)].

Muchas afecciones del banano han sido relacionadas con interacciones entre nutrientes:

“*La caída de los dedos*”, problema que aparece después de la cosecha del racimo, ha sido asociada a interacciones K-N, [Martín Prevel y Teisson (1980)]. Según estos autores, en condiciones de carencia de K, el amoniaco se incorpora con dificultad en aminos y amidas, reduciendo el aumento de azúcares en los órganos foliares y el descenso en la fruta, mientras que la sacarosa está prácticamente ausente. Esto ocasiona un retraso de la emergencia del racimo y produce racimos con manos muy separadas entre sí, por lo que a menudo sufren daños durante el transporte. Los pedicelos de la fruta son frágiles y al madurar los dedos se desprenden del racimo.

---

*“El moteado de los pecíolos”*, denominada “azul”, ha sido asociado a una proporción baja K/Mg en el campo, [Martín-Prevel y Montagut (1966c)]. Sin embargo Charpentier y Martin-Prével (1965), en un estudio desarrollado en cultivo en arena, investigaron el desequilibrio K:Ca:Mg y llegaron a la conclusión que dicha afección estaba originada por una deficiencia en K y no estaba relacionada con el suministro de Mg. En el mismo experimento, una proporción K/Mg alta en la solución nutritiva dio lugar a una afección conocida como “pulpa amarilla”. La carencia importante de Ca y Mn en los suelos también ha sido asociada a la pulpa amarilla, [Dumas y Martin-Prével (1958)].

Por otra parte, la magnitud de un antagonismo depende del órgano de la planta en el que se efectúe el análisis. Por ejemplo, el aumento del suministro de K disminuye de forma importante la concentración de Mg en la hoja y el seudotallo, pero reduce muy poco la concentración de este elemento en la fruta y en las raíces, [Lahav y Turner (1992)]. Según estos autores el antagonismo K/Mg observado en el banano puede ser consecuencia de la acción de estos dos elementos de manera independiente el uno del otro, o también debido a que la adición de K, con suministro constante de Mg, fomenta el crecimiento disminuyendo la concentración de Mg en toda la planta. Para Mengel y Kirkby (1982), el aumento del suministro de K fomenta la traslocación de Mg hacia la fruta y los órganos de almacenamiento.

### ***CONCENTRACIONES CRÍTICAS***

Se llama “nivel crítico” a la concentración de nutrientes por encima de la cual no es probable que se produzca ningún aumento considerable en el crecimiento o en la producción originado únicamente por el aumento de la concentración en sí misma.

Se han realizado numerosos experimentos encaminados a establecer dicha concentración. Los resultados de los mismos deben de tomarse con ciertas reservas, debido a que la concentración por debajo de la cual se espera respuesta ante la fertilización puede diferir en función de la variedad, procedimiento de muestreo y lugar

de cultivo. En la tabla 10 están reunidas las concentraciones críticas de los elementos fundamentales. Los datos que figuran en las mismas, si bien hay que emplearlos teniendo en cuenta las limitaciones citadas, sí proporcionan una guía útil sobre la nutrición del cultivo cuando se toman en consideración junto con otras evidencias tales como síntomas, condiciones del suelo e historial de fertilizaciones previas.

<i>Elemento</i>	<i>Lámina 3</i>	<i>Nervadura Central 3</i>	<i>Pecíolo 7</i>
N (%)	2.6	0.65	0.4
P (%)	0.2	0.08	0.07
K (%)	3.0	3.0	2.1
Ca(%)	0.5	0.5	0.5
Mg (%)	0.3	0.3	0.3
S (%)	0.23	-	0.35
Cl (%)	0.6	0.65	0.7
Na (%)	0.005	0.005	0.005
Fe (ppm)	80	50	30
Mn (ppm)	25	80	70
Zn (ppm)	18	12	8
B (ppm)	11	10	8
Cu (ppm)	9	7	5
Mo (ppm)	1.5-3.2	-	-

Tabla 10. Niveles críticos de distintas variedades de “Cavendish” cultivadas en las zonas bajas de Australia, [Lahav y Turner (1992)].

Como confirmación de lo dicho anteriormente puede observarse en la tabla 11 los datos propuestos por Wortmann et al (1994) para las zonas altas del Este de África, donde se observa que los valores críticos de nutrientes son mayores para el nitrógeno, calcio y magnesio y similares para el cinc y el boro.

<i>Elemento</i>	<i>Lámina 3</i>
N (%)	3.1
Ca (%)	1.13
Mg (%)	0.48
Zn (ppm)	18.4
B (ppm)	10.0

Tabla 11. Niveles críticos de nutrientes recomendados para el cultivo de bananas en el Este de África, [Wortmann et al (1994)].

Por otra parte, si bien los niveles críticos son importantes, la mayoría de los autores indican que tanto o más importantes son las relaciones entre nutrientes, sobre todo en lo que concierne a las proporciones entre cationes. Es decir, las relaciones entre el potasio, calcio y magnesio.

## MACRONUTRIENTES

Hemos ya señalado que los elementos macronutrientes son los que las plantas necesitan en mayor cantidad. Dichos nutrientes son el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre.

Entre ellos, los tres primeros son usualmente los primeros en ser deficitarios en el suelo, debido a que generalmente son utilizados por las plantas en cantidades relativamente grandes. La carencia de calcio magnesio y azufre ocurre con menos frecuencia, ya que las plantas lo utilizan en menor cantidad [Vargas (1998)].

La clasificación de los mismos en base a su función general, puede ser la siguiente [Bennett (1993)]:

- Como constituyentes de compuestos orgánicos e inorgánicos: N, P, Ca y S
- Como activadores, cofactores o formando parte del grupo prostético de los sistemas enzimáticos: K, Ca y Mg
- Como portadores de cargas en las reacciones de oxidación-reducción: P y S
- Como osmoreguladores y equilibrantes electroquímicos en la célula: K

La fuente natural de estos elementos es el suelo, el cual, al ser sometido a un uso agrícola constante, no está generalmente en capacidad de suministrar dichos nutrientes en la cantidad y calidad requerida por la planta [Guerrero (1991)].

## NITRÓGENO

### *El Nitrógeno en la Nutrición de las Plantas*

La importancia del nitrógeno en la nutrición de las plantas es muy grande debido a que interviene en la formación de aminoácidos, los cuales son esenciales para la síntesis de proteínas, forma parte de los ácidos nucleicos (ADN y ARN) y de otros compuestos como nucleótidos, amidas y aminas, es también constituyente de la molécula de clorofila y componente de la pared celular, por lo que desempeña un papel fundamental en muchas reacciones metabólicas y está implicado en todos los procesos de crecimiento y desarrollo vegetal.

La presencia de nitrógeno en los suelos se debe al resultado de acciones biológicas, enriquecimiento artificial o fertilización natural. En la mayoría de los suelos bien aireados, el amonio constituye la forma principal de reserva nitrogenada. El amonio, por acción bacteriana, va siendo oxidado a nitrato, siendo ésta la forma en la que prefieren el nitrógeno la mayoría de las plantas.

---

La absorción de amonio sólo se produce cuando existe en forma libre y suele provocar una gran demanda de hidratos de carbono, ya que al poder ser utilizado inmediatamente en la síntesis de aminoácidos se requiere un suministro adecuado de esqueletos carbonados que por aminación se transformarán en aminoácidos. La absorción de nitratos no provoca este efecto ya que tiene que ser primeramente reducido y por ello, la demanda de carbohidratos es menor. Por otra parte, el amonio puede actuar como activador de varias enzimas, generalmente las mismas para las que el potasio actúa como catión activador.

Excepto la sequía, no hay otra deficiencia que presente unos síntomas tan dramáticos como la de nitrógeno. Su principal síntoma de carencia, la clorosis, se debe a la inhibición de la síntesis de clorofila y se detecta visualmente por un debilitamiento del color verde de las hojas viejas de la planta, las cuales pueden llegar a ser amarillas y luego caer. Normalmente no hay necrosis. La clorosis se extiende desde las hojas más viejas a las jóvenes, las cuales no manifiestan los síntomas característicos de la deficiencia hasta que éstos están avanzados en las partes viejas de la planta. Esto indica que el nitrógeno en las hojas viejas se moviliza y se transporta hacia las partes más jóvenes que se están desarrollando en la planta.

También, un síntoma característico de la deficiencia en nitrógeno es el desarrollo de antocianina en los tallos, venas de las hojas y pecíolos, los cuales pueden llegar a ser rojos o púrpura.

Las hojas jóvenes de plantas deficientes en nitrógeno son algunas veces más erectas y más pequeñas de lo normal. La formación de ramas o el crecimiento de las raíces se paralizan a causa del reposo continuado de los brotes laterales.

Los síntomas de deficiencia en nitrógeno son frecuentemente observados bajo condiciones de pobre enraizamiento o de competitividad con malas hierbas. El color verde pálido de la hoja y la inhibición del crecimiento están también asociados con la escasez de agua y mal drenaje.



La abundancia de nitrógeno causa gran proliferación de tallos y hojas y reducción en la producción de frutos.

### *El Nitrógeno en la Nutrición del Banano*

El nitrógeno está considerado como uno de los elementos más significativo para el desarrollo de la platanera. Sólo es superado por el potasio en cuanto a la cantidad necesaria para el crecimiento del cultivo [Twyford (1967)]. En general, se puede decir que sus efectos sobre el cultivo son los siguientes:

- favorece el desarrollo vegetativo
- influye sobre el crecimiento longitudinal de los pecíolos
- aumenta el tamaño del racimo
- favorece el crecimiento de los hijos
- aumenta la capacidad de floración

La presencia de este nutriente en los suelos es muy escasa por lo que es universalmente suministrado al suelo de cultivo, incluso en las fértiles tierras de América Central [Butler, A. F. (1960)].

Los síntomas asociados a su deficiencia aparecen rápidamente y en poco tiempo todas las hojas se ven afectadas. Las hojas se vuelven verde pálido, lo cual resalta la presencia de manchas oscuras presentes habitualmente en la misma y la nervadura central, pecíolos y vainas foliares se tornan de color rosa rojizo. La distancia entre las hojas se reduce, adquiriendo la planta el aspecto de un ramillete [Vargas y Solís (1998), Murray (1959)].

Shawky et al. (1993), en experimentos llevados a cabo en cultivo en arena, observan que los bajos niveles de nitrógeno en la fertilización se traduce en una disminución del desarrollo de la planta. Al aumentar las cantidades de dicho nutriente se favorece el desarrollo de la misma, especialmente el número de hojas verdes por planta. También señalan que la deficiencia en nitrógeno se visualiza en primer lugar en las

hojas más viejas, las cuales, en los casos más graves de clorosis, se vuelven totalmente amarillas antes de pasar a marrón para luego secarse. Estos efectos o no se observan o son mucho menos pronunciados en las hojas jóvenes, lo que indica que parte del nitrógeno de las hojas viejas se moviliza para ser usado por aquellas otras partes de la planta que están en desarrollo.

También Murray (1960), en experimentos en cultivo en arena, observa el efecto que sobre el crecimiento ocasiona la falta de nutrientes. Bajo estas condiciones, la deficiencia en nitrógeno supuso una disminución del índice de producción de hojas por debajo de la mitad observada en el cultivo de control, mientras que la carencia de otros nutrientes no ejerce unos efectos tan drásticos (tabla 12).

<i>Elemento</i>	<i>Nº de Hojas</i>	<i>Días entre 1 Hoja y Hoja</i>
Control	16.5	9.5
- N	7.0	22.6
- P	13.0	12.1
- K	11.5	13.8
- Ca	13.5	11.7
- Mg	14.5	10.9

Tabla 12. Número de hojas producidas en 158 días e intervalo medio entre hojas (Dwarf Cavendish en cultivo en arena, Murray (1960))

Según Ram y Prasad (1989), los altos niveles de nitrógeno en la fertilización retrasan la floración pero producen más cantidad de racimos con mayor peso. Para estos autores, el aumento del nitrógeno en la fertilización aumenta de forma significativa la producción en comparación con los incrementos de fósforo y potasio.

Por el contrario, en un estudio sobre la nutrición de la platanera en las Islas Canarias, cv. "Gros Michel", Fernández Caldas y García (1972) encuentran

correlaciones positivas con un alto nivel de significación entre la circunferencia del seudotallo y el peso y número de manos por racimo. Los porcentajes de nitrógeno en las hojas I y III en los estados de diferenciación floral y emisión de la inflorescencia están relacionados negativamente con la circunferencia del seudotallo. Es decir, un exceso de nutrición nitrogenada disminuye el rendimiento del cultivo.

También Hossain y Haque (1988) indican que en el cv. “Amritasagar”, la aplicación de nitrógeno incrementa de modo significativo el desarrollo, rendimiento y calidad de dicho cultivar, pero, en un rango de 0 – 600 Kg N/ha, las dosis medias, 200 – 400 Kg N/ha, fueron las más efectivas en cuanto al desarrollo y rendimiento se refiere. Estas dosis también causaban una temprana emisión de la inflorescencia y temprana maduración de frutos, con el consecuente acortamiento del periodo de cultivo.

Por el contrario, Chattopadhyay y Bose (1986) encuentran que en el cv. “Cavendish enano” la aplicación de nitrógeno acelera la floración y retarda la maduración de los frutos.

Para otros autores, [Lahav et al. (1982)], los niveles de nitrógeno en la fertilización son importantes pero un papel fundamental lo juega la especie nitrogenada empleada. Así, en el “banano William”, con diferentes niveles de nitrógeno, de 15 a 240 ppm, en la solución nutritiva y con diferentes relaciones  $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ , 1:0, 3:1, 1:1 y 0:1, y urea, las plantas que alcanzaron mayor altura fueron aquellas que habían sido nutridas con 60 ppm de N a lo largo de todo el periodo de crecimiento, aunque la diferencia entre las de mayor y las de menor altura fue sólo del 17 % a los 400 días de desarrollo. La forma del nitrógeno,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  o urea, tiene la mayor influencia en la altura de la planta, siendo los tratamientos con  $\text{NO}_3^-$  los que proporcionaron las plantas más altas. En este sentido, Martín Prevel et al. (1981) señalan que el nitrógeno de origen nítrico migra mejor que el de origen amónico.

Parida et al. (1994) señalan que el número total de hojas verdes no se ve influenciado por la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno, pero éstos incrementaron la talla de la planta, circunferencia del seudotallo, número de hojas

---

retenidas en la brotación, área de la tercera hoja y tiempo empleado en la brotación. En todos los casos los efectos del nitrógeno son mucho más significativos que los del fósforo y el potasio.

En cuanto al efecto del nitrógeno en la producción de retoños, Hazarika y Mohan (1989) encuentran que en el banano “Jahaji” (Musa, Grupo AAA, subgrupo Cavendish) el número de retoños aumenta al incrementar los niveles de este nutriente de 0 a 200 g/planta en la nutrición.

Para algunos autores, el único elemento nutriente que tiene un papel fundamental en el cultivo de la platanera es el nitrógeno. En este sentido, experimentos de fertilización realizados en Jamaica y Honduras con el cv. Gros Michel indican que una respuesta económica a la fertilización deriva solamente del uso de nitrógeno. La fertilización con P y K solos, en combinación o conjuntamente con N no producen incrementos significativos en la producción si se comparan con los que aporta el sólo uso de nitrógeno, [Butler (1960)].

Esto último está de acuerdo con los estudios de fertilización realizados en Cabo Verde por Cardoso et al. (1973). En dichos estudios se puso de manifiesto que la aplicación de nitrógeno en forma de urea de 140 a 220 Kg/ha/año, aumentó la producción anual cerca de 2 t. Cuando se aumentó la dosis de aplicación de potasio, en forma de sulfato, de 200 a 400 Kg/ha/año, se verificó un decrecimiento de la cosecha, mientras que la adición de MgO no beneficia la producción.

Bhargava y Reddy (1998) también destacan la influencia significativa que tiene el nitrógeno en la producción y reseñan la aplicación de 200 g N/planta como dosis óptima.

Sin embargo, otros trabajos manifiestan que respuestas significativas sobre la producción no se producen con el sólo uso de nitrógeno. Así, investigaciones realizadas sobre el banano “Cavendish Gigante”, indican que respuestas significativas se producen del uso del P y K en conjunción con el N. Pequeñas o ninguna respuesta, se

obtuvieron cuando se empleó solamente N. De forma similar, P y K, sin N, no tuvieron ningún efecto en la producción, [Bhangoo et al. (1962)].

También Mahakal y Gupta (1973), en un trabajo sobre el efecto del N sólo y combinado con P y K en el crecimiento y producción en la India del “banano Basrai”, señalan que es la aplicación conjunta de N, P y K la que induce a crecimientos efectivos y mayores cosechas en dicho cultivar.

Del mismo modo, Dave et al. (1990) encuentran que en el cv. “Basrai” los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio en las hojas muestran una gran asociación con la producción de frutos, pudiendo incrementarse la producción mediante una nutrición eficiente. Estos investigadores recomiendan para este cultivar la aplicación de 180 – 180 – 180 g de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O por planta.

Para Caro (1991), la relación N:K es muy importante. La respuesta a la aplicación de nitrógeno sólo se consigue combinada con los niveles adecuados de potasio. Recomienda relaciones N:K 1:1, 1:2 y 1:3. Los niveles altos de nitrógeno en combinación con niveles altos de potasio originan efectos depresivos y disminución de diferentes variables analizadas.

En esta misma línea están los ensayos de campo llevados a cabo por Lahav y Zamet (1982a) con el objetivo de establecer una recomendación N : K para las bananas. De las 4 relaciones estudiadas, 1:2, 1:4, 1:6 y 1:8, la relación 1:6 dio lugar al mayor número de racimos por ha, pero se retrasó la emisión de la inflorescencia debido al incremento de densidad y consiguiente sombreado entre las plantas. Estos autores hacen especial constancia de la necesidad de relaciones N : K relativamente altas, 1:6, en la fertilización de las bananas. Esta relación es mayor que aquella que prevalece en los tejidos, 1:3.

Sin embargo, Du Plessis (1987) indica que en el cv. “Cavendish Enano” el desarrollo óptimo sólo se produce con la aplicación conjunta de nitrógeno y fósforo, pero cantidades elevadas de nitrógeno, en presencia de fósforo y potasio, reduce el

---

desarrollo de la planta, mientras que las cantidades excesivas de potasio no tienen efectos perjudiciales.

En esta misma línea están los trabajos realizados en Puerto Rico por Hernández y Lugo (1967) en el cv. "Gros Michel". Estos autores encuentran que cuando la proporción de cationes se mantiene constante y la relación  $\text{NO}_3^- : \text{H}_2\text{PO}_4^- : \text{SO}_4^{2-}$  se varía, el mayor desarrollo fue obtenido con las mayores relaciones  $\text{NO}_3^- : \text{H}_2\text{PO}_4^-$

Otras investigaciones [Langenegger (1982), Langenegger y Smith (1986), (1988)], indican que las necesidades de nitrógeno en la platanera no son tan elevadas como generalmente se admite. Los trabajos realizados por estos investigadores sobre el cv. "Cavendish Enano" en Sudáfrica ponen de manifiesto que el potasio tiene marcados efectos beneficiosos sobre el rendimiento mientras que no encontraron respuestas significativas del uso del nitrógeno. Los rendimientos que obtuvieron con distintos niveles de este nutriente resultaron ser muy semejantes, mostrando que la cantidad económica óptima estaba entre 56 y 67 g de N/planta/año. Mayores aportaciones de nitrógeno, hasta 240 g N/planta/año, no aumentaron la producción, pudiendo ser incluso perjudiciales ya que inducen a efectos antagónicos en la absorción del potasio. Estos autores concluyen que, bajo las condiciones de Sudáfrica, el nitrógeno no es tan importante para la producción de las plataneras como generalmente ha sido aceptado. Por el contrario, excesivo nitrógeno en presencia de cantidades altas de fosfato e insuficiente potasio, pueden incluso ser perjudiciales para el rendimiento.

Srikul y Turner (1995), señalan que el factor que afecta a la tasa de crecimiento y maduración de la platanera (cv. "Williams") es la acción conjunta de los aportes de nitrógeno y agua. En condiciones de semi-aridez, un abonado con 450 Kg N/ha/año incrementa la tasa de crecimiento de este cultivar en un 7%, lo que influye en la vida verde y en la maduración. Un aporte de 0 a 300 Kg N/ha/año no tiene ningún efecto sobre el crecimiento y la vida verde, pero el nivel de nitrógeno en la materia seca aumenta de un 0.94 a un 1.05%. El déficit hídrico del suelo reduce la tasa de crecimiento de los frutos en un 9% y aumenta la duración de la vida verde y la velocidad de maduración en un 48% y un 16% respectivamente. Los aportes

importantes de nitrógeno y un déficit de agua antes de la cosecha aceleran la maduración, mientras que un aporte idóneo de agua y nitrógeno favorece el crecimiento de los frutos. Esto es, el abonado y el riego modifican las relaciones entre el crecimiento y la maduración del banano.

Anjorin y Obigbesan (1983) también destacan que los efectos del nitrógeno sobre el crecimiento y desarrollo de la platanera en la fase joven, sólo se manifiestan en los casos en los que el agua no es un factor limitante. Sin embargo, en lo que se refiere a la fertilización nitrogenada, señalan que la aplicación de este nutriente, hasta 300 g/planta, aumenta los parámetros de crecimiento, pero aportes más elevados, 400 g/planta, los disminuyen de forma notable. Por otra parte, estos mismos autores [Anjorin y Obigbesan (1987)] indican que el factor que determina la vida verde de la platanera es la relación N:P:K, indicando que la combinación de 200 g N/planta con 60 g P/planta y 166 g K/planta reducen significativamente el número de días para la floración.

Por otra parte, los niveles a los que los síntomas visuales ocurren son considerablemente más altos que aquellos a los que el crecimiento se ve reducido [Murray (1960)], por lo que es fundamental hallar una correlación entre fertilización, producción y contenido de los distintos nutrientes en la planta.

Martín Prével y Montagud (1966a) señalan la importancia del nitrógeno en el desarrollo de la platanera e indican una relación biunívoca entre la absorción de nitrógeno y la producción de materia seca. Como este nutriente no se almacena dentro de la planta, el nitrógeno adicional es siempre rápidamente utilizado para promover el crecimiento. Si esta utilización está bloqueada por inhibición hormonal o por condiciones del medio desfavorables, las nuevas adiciones de nitrógeno no son absorbidas. No hay prácticamente reservas posibles.

Según Lahav y Turner (1992), para la platanera, la relación entre la materia seca total y la absorción total de nitrógeno están muy relacionadas, incluso teniendo en cuenta diferentes variedades, distintos medios y suelos (Figura 6). La

estrecha relación entre el nitrógeno y la producción de materia seca observada para toda la planta se da también entre las distintas partes de la misma en la que, en la etapa vegetativa, la mayoría de los tejidos contienen entre 1 – 2 % de Nitrógeno, excepto en las hojas, que contienen cerca del 3% de este nutriente. Por consiguiente, la distribución proporcional de nitrógeno dentro de la planta está relacionada con la distribución de materia seca.

Las investigaciones realizadas por Kohli et al. (1985) en banana “Robusta” sobre la producción y distribución de la biomasa en la planta en 4 estados de crecimiento, indican que en las plantas que no reciben nitrógeno, la mayoría de la biomasa se acumula en el rizoma y el seudotallo, mientras que la aplicación de nitrógeno da como resultado una diversificación de la distribución de la biomasa hacia las hojas, raquis, brotes de flores y dedos.

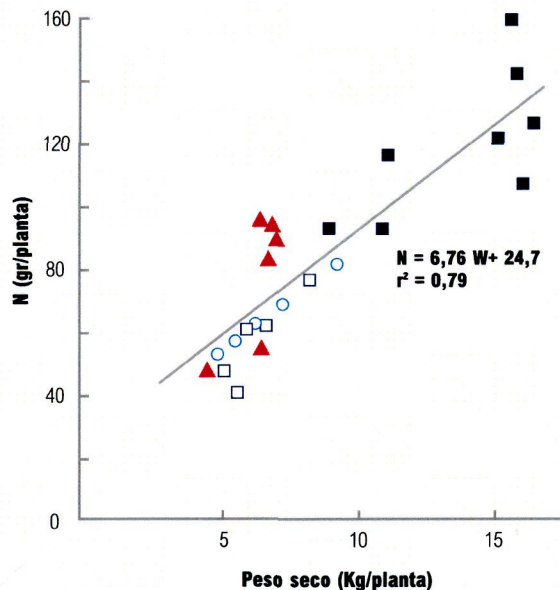


Figura 6. Contenido en N en relación con el peso seco de la planta. Datos de los experimentos:  $\Delta$  ~ Antillas, cv. Poyo, en cultivo de campo;  $\square$  ~ Islas de Barlovento, cv. Robusta, en cultivo de campo;  $\circ$  ~ Australia, cv. Williams, en cultivo en arena;  $\blacksquare$  ~ Camerún, cv. Varios, en cultivo de campo. [Lahav y Turner (1992)]



Ray et al. (1988) en sus trabajos en “Robusta Banana” encuentran que la producción aumenta de forma notable al aumentar los niveles de nitrógeno en la fertilización, siendo el efecto de este nutriente un 50 % mayor que el del potasio. Estos aumentos de fertilización nitrogenada se ven reflejados en los respectivos incrementos del contenido de nitrógeno en las hojas, si bien, a partir de determinados niveles de nitrógeno, los aumentos de dicho nutriente en las hojas no son esencialmente evidentes.

Shawky et al. (1993) en sus trabajos desarrollados en cultivo en arena también encuentran una estrecha relación entre la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva y su contenido en hojas. En estos cultivos, las plantas nutridas con 0 y 4 meq/L de  $\text{NH}_4^+$  mostraron evidentes síntomas de clorosis, (tabla 13)

<i>Niveles de N en la Solución Nutritiva (meq/l)</i>	<i>% de N en Materia Seca</i>
0	0.63 – 1.17
4	1.29 – 1.79
8	1.99 – 2.62
24	3.33 – 3.50

Tabla 13. Efecto del contenido de N en la solución nutritiva en el contenido de N en la hoja en la banana “Hindy” en cultivo en arena, [Shawky et al. (1993)]

También Ram y Prasad (1989) señalan que los mayores contenidos de nitrógeno en hojas se corresponden con los altos niveles de nitrógeno en la nutrición. Estos niveles de nitrógeno se reducen considerablemente en el periodo de cosecha. Esto es, los niveles de nitrógeno aumentan rápidamente hasta la floración y decrecen en la cosecha. Esto último está de acuerdo con otros experimentos de fertilización realizados sobre el banano “Vayal Vazhay (ABB)”, donde se observa que los mayores incrementos en la absorción de estos nutrientes, junto con P y K, se producen durante las etapas de crecimiento y emisión de la inflorescencia, [Buragohain y Shanmugavelu (1986)].

---

En cuanto a los niveles foliares apropiados para proporcionar un adecuado desarrollo y mayores rendimientos en la producción de frutos, es posible que entren en juego diversos factores tales como cultivar en cuestión, clima y estado de crecimiento de la planta, entre otros. No obstante, parece ser que el contenido foliar de nitrógeno no debe ser ni menor del 2.5 % ni mayor que 3 %.

[Langenegger y Smith (1988)], indican que las cosechas óptimas se correspondían con un contenido de nitrógeno en el limbo entre 2.5 y 3 %.

Sin embargo, Fernández Falcón y Fox (1985), cv. “Cavendish Gigante” en suelo franco-arcilloso, señalan que un valor menor de 2.6 % de N en la hoja es un factor limitante para la obtención de buenas producciones.

Los trabajos realizados por Lacoecilhe y Martín Prevel (1971a) en cultivo hidropónico revelan que, cuando el contenido en nitrógeno en la hoja III es del 2 %, la planta presenta síntomas visuales de deficiencia. Este nivel es más elevado en el estado joven. Esto es, la cantidad de nitrógeno de una hoja determinada disminuye cuando la edad de la planta aumenta. Por otra parte, para que la planta crezca normalmente, la hoja III debe tener al 5º mes una cantidad superior al 3 %.

En Hawai con el cv. “Williams Hibrid”, Warner et al. (1974) obtuvieron la máxima producción con un 2.9 % de N en la materia seca, pero el 95 % del máximo lo obtuvieron con un 2.7 %. Los niveles de nitrógeno mayores de 3 % estaban asociados con un decrecimiento en el rendimiento.

Por el contrario, Ramaswany y Muthukrishnan (1974) indican que, en “Robusta banana”, el nivel de 1.40 % de N en las hojas resulta ser un nivel óptimo en lo que a producción se refiere.

Los límites que dan Hewitt y Osborne (1962) son mucho más amplios. Para estos autores los niveles adecuados de N en la hoja del banano “Lacatan” son del orden de 2 – 6 %.

Por otra parte, también en función de la hoja seleccionada para el análisis varía el contenido en nitrógeno de la misma. Así, en la India cv. “Cavendish Gigante”, Sanyal and Mitra (1993) señalan que los análisis foliares realizados en muestras de la hoja nº 8 a la 19 revelan que los mayores contenidos en este nutriente, 3.47 %, se encuentran en la nº 8. Los niveles de nitrógeno disminuyen progresivamente hasta la hoja nº 15 y luego se vuelven a incrementar en las hojas siguientes.

También Ndubizu (1983) encuentra que en el grupo Musa AAB, los análisis foliares, hoja I a la VI, revelan que el nitrógeno se acumula en las hojas jóvenes.

### *Interacciones del Nitrógeno con Otros Nutrientes Fundamentales*

Vargas y Solís (1998) en un trabajo realizado en cultivo hidropónico de plantas de plátano señalan que la carencia individual de P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Mn y B o la simultánea de Ca – K, Ca – Mg, Mg – K y Ca – Mg – K no inducen a aumentos o disminuciones en el contenido en nitrógeno de la hoja. Según estos autores, la concentración de nitrógeno en la hoja sufre únicamente una variación importante, reflejada por la disminución en su contenido en un 50%, como producto de la carencia del propio nutriente en la solución nutritiva.

Por otro lado, en este mismo trabajo se indica que la carencia de nitrógeno en la solución nutritiva induce a incrementos en el contenido de Mn, K y P, que representaron respectivamente un 706%, 43% y 34% en comparación con el cultivo testigo y a disminuciones de hasta el 21% en el contenido en B.

Para Koen, T. J. (1993), los efectos de la fertilización nitrogenada sobre los aumentos y disminuciones en la concentración de otros iones en la planta depende del cultivar. Para “Dwarf Cavendish”, los mayores niveles de nitrógeno incrementan la absorción del P, Ca, Mg, Zn, Mn, Fe y B pero disminuyen la absorción de K. En el cultivar “Williams”, los niveles altos de nitrógeno incrementan la absorción de Ca, Mg y Mn y reducen la de P, K y Zn.

---

Sin embargo, Arunachalan et al. (1976) señalan que en los cultivares “Cavendish” los aumentos de nitrógeno en la fertilización, de 0 a 170 g/planta, aparte de aumentar la producción, aumenta el contenido en las hojas de N, P, Ca, Mg y también del K.

También Ray et al. (1988) en sus trabajos en el cultivar “Robusta Banana”, observan que los aumentos de nitrógeno en la hoja, como consecuencia de un aumento de este nutriente en la fertilización, se traducen en un mayor porcentaje de potasio en esta parte de la planta.

## FÓSFORO

### *El Fósforo en la Nutrición de las Plantas*

El fósforo, formando parte de los glucofosfatos, participa en la fotosíntesis, la respiración y otros procesos metabólicos. También forma parte de los ácidos nucleicos ADN y ARN y de fosfolípidos presentes en las membranas. Asimismo, debido a su presencia en los nucleótidos ATP, ADP y AMP, es esencial en el metabolismo energético, Participa además en la síntesis y utilización de azúcares y almidones y en la absorción de K.

La absorción del fósforo por la planta es siempre como ion hidrógenofosfato o dihidrógenofosfato, dependiendo las cantidades de una y de la otra forma del pH del medio de cultivo, figura 7.

Al contrario de los otros aniones macronutrientes, nitrato y sulfato, el fosfato no necesita ser reducido en el interior de la célula antes de ser incorporado en compuestos orgánicos.

### Estabilidad del ión $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ en función del pH

Concentración molar =  $10^{-3}$

Constantes de equilibrio:

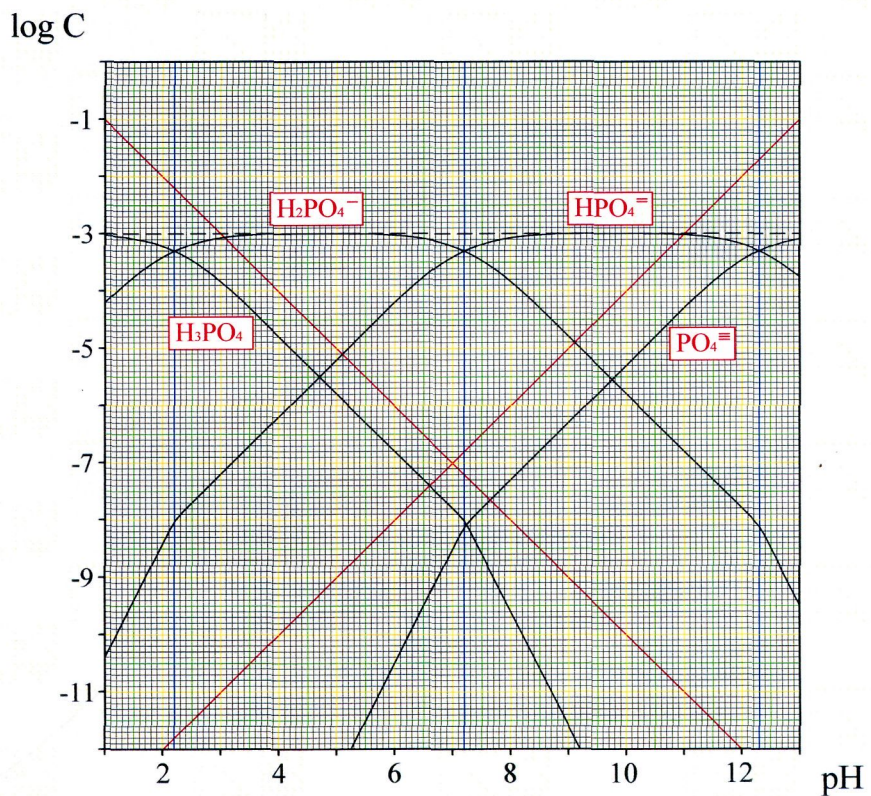


Fig. 7. Diagrama logarítmico del sistema  $\text{H}_3\text{PO}_4/\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}/\text{PO}_4^{3-}$  en función del pH.

---

La deficiencia de fósforo provoca severas alteraciones del metabolismo y desarrollo vegetal y hace que este sea lento y con paros frecuentes en el crecimiento.

Uno de los primeros síntomas que se observa en muchas especies es una coloración verde oscura o verde azulada de las hojas y pérdida de hojas viejas. Otro síntoma muy general es el desarrollo de antocianina en tallos y venas de las hojas y en casos de extrema carencia, las plantas presentan un aspecto achaparrado con desarrollo de áreas necróticas en varias partes de la misma. Debido a la gran movilidad del fósforo, son las hojas viejas las primeras en presentar los síntomas.

### *El Fósforo en la Nutrición del Banano*

El banano no requiere grandes cantidades de fósforo, posiblemente debido a su movilidad y capacidad de reutilización dentro de la planta, si bien la fertilización con fósforo tiene efectos positivos sobre la producción [Lahav y Turner (1992), Robinson (1996)]. La capacidad que presenta el cultivo de asociarse con hongos (micorrizas), le confiere una mayor absorción de dicho nutriente [Arias et al. (1997)].

Según Guerrero (1991), sus efectos sobre el cultivo son los siguientes:

- Estimula el desarrollo del sistema radicular, la floración, la fructificación y la maduración.
- Favorece la fortaleza de los pedicelos.
- Interviene en la resistencia fisiológica de los frutos a la presencia de hongos después de la cosecha.

Dadas las pocas necesidades de P del banano, rara vez se observan síntomas de deficiencia de este elemento en condiciones de campo.

Lacoeuilhe y Godefroy (1971) estudiaron un caso de carencia de fósforo en Guadalupe. Estos autores indican que la deficiencia de este nutriente tiene un

marcado efecto sobre el desarrollo del cultivo en pleno campo. Los síntomas asociados a la deficiencia se dieron en suelos con un contenido de 0.25 ppm de  $P_2O_5$  asimilable, (Croucher y Mitchel (1940) establecen como valor crítico el de 10 ppm) y la última hoja desarrollada, que fue la muestra más significativa, presentó un contenido de 0.14 % de P.

En cultivo en medio artificial, Lacoeyilhe y Martín-Prével (1971a) encuentran que la carencia de fósforo en la nutrición produce una disminución del contenido de este nutriente en la hoja muy pequeño para poder establecer el nivel de carencia.

Bajo condiciones de cultivo hidropónico Vargas y Solís (1998) señalan que la deficiencia de fósforo produce una reducción en el crecimiento de las plantas de plátano (*Musa* AAB). Las hojas más maduras presentan inicialmente una clorosis marginal, la cual se transforma posteriormente en una zona necrótica con apariencia dentada que avanza paulatinamente hacia el interior de la lámina foliar en dirección a la nervadura central, necrosis aserrada. El seudotallo adquiere una apariencia senescente y frágil. El sistema radicular presenta necrosis en las raíces secundarias y un color café pardusco en las raíces primarias, que no están causados por ningún organismo fitopatógeno asociado con esta sintomatología. La carencia de fósforo en la solución nutritiva tuvo como efecto una disminución del contenido de este elemento en la hoja III de un 71 % en relación con el cultivo testigo.

Estos síntomas son esencialmente los mismos que describen Charpentier y Martín-Prével (1965) en Robusta banana (*Musa* AAA) desarrolladas en cultivo hidropónico. Estos autores indican que aparte de la necrosis en forma de diente de sierra que presentan las hojas más viejas, las jóvenes adquieren un color verde azulado.

En cuanto a los aumentos de este nutriente en el contenido foliar como respuesta de los aumentos de la fertilización con fósforo, Chattopadhyay y Mallik (1977) indican que en la etapa de floración la absorción de fósforo por el cv. Dwarf

---

Cavendish (*Musa* AAA) es constante, independientemente de las dosis de aplicación, lo que es indicativo de los escasos requerimientos de este nutriente por la planta.

Esto último está de acuerdo con las investigaciones llevadas a cabo por otros autores en distintos cultivares, en los que se insiste en el hecho de que de los distintos niveles de fósforo en la fertilización no produce efectos marcados en el contenido de este nutriente en la planta, desarrollo y producción, [Pillay (1977), cv. Nendran (*Musa* AAB); Ray et al. (1988) y Parida et al. (1994), cv. Robusta (*Musa* AAA)].

Debido a los bajos requerimientos de fósforo del banano, se recomienda en general bajas dosis de este nutriente en la fertilización, [Twyford (1967), Hewit y Osborne (1962)].

En contradicción con lo anteriormente expuesto se encuentra la investigación llevada a cabo en Colombia, plátano Dominicano (*Musa* AAB), en suelos ácidos y pobres en P, K, Ca y Mg, [Muñoz (1988)]. Este trabajo refiere que, entre los nutrientes estudiados, el fósforo fue el que más limitó la producción, ya que la dosis más baja aplicada, 4 Kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> /ha, produjo plantas de desarrollo reducido, con los racimos más pequeños, el menor número de manos por racimo y peso de los frutos.

En cuanto a Canarias, los suelos vírgenes de estas Islas son pobres en fósforo asimilable y en consecuencia, no existe en ninguno de ellos la influencia del material de origen sobre los contenidos del suelo en este elemento. En general los contenidos de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> asimilable son muy elevados debido a las prácticas de fertilización.

En Tenerife, García et al. (1977) observan una correlación positiva entre la circunferencia del seudotallo y el P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> asimilable. Sin embargo es posible que esta relación sea una consecuencia del hecho de que la fertilización con fósforo va unida generalmente a la potásica; en general se encuentra que los valores más altos de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> asimilable coinciden con los suelos más ricos en K. En ningún caso se observa una relación negativa entre P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> asimilable y producción.



La mayor cantidad de P se absorbe en la fase vegetativa [Sanyal y Mitra (1993)]. Después de la formación de los racimos, la absorción de este nutriente desciende aproximadamente en un 20 %, [Walmsley y Twyford (1968a)].

Esto se repite en general en la mayoría de los cultivares, en los que se observa que el fósforo se absorbe preferentemente en las primeras etapas de desarrollo de la planta. En este sentido, los experimentos llevados a cabo por Keshava y Vijayar (1996) empleando  $^{32}\text{P}$  como trazador, indican que el cv. Nendran (AAB) tiene la máxima absorción de fósforo durante el periodo vegetativo e inicio de la emisión de la inflorescencia, mientras que los cultivares Robusta (AAA), Rasabale (AAB), Monthan (ABB) y Elakki (AB) lo tienen durante la emisión de la inflorescencia y floración. En el grupo Cavendish (AAA), la absorción de fósforo y correspondiente concentración foliar presenta una reducción del periodo vegetativo a la emisión de la inflorescencia, debida posiblemente a que el contenido de este nutriente en la hoja es utilizado para el desarrollo de los racimos [Hasan et al. (1999)].

En cuanto a la movilidad del fósforo dentro de la planta, Sobhana y Aravindakshan (1989) indican que el banano, cv. Nendran (*Musa* AAB), sigue absorbiendo fósforo en cantidades apreciables incluso después de la floración. Las hojas que permanecen funcionales después de la brotación, acumulan notables cantidades de este nutriente y, aproximadamente dos meses después de dicha etapa, se produce un descenso uniforme de la cantidad del mismo en todas las hojas como consecuencia de su translocación a la inflorescencia en desarrollo. Según estos autores, la hoja más joven, que inicialmente actúa de sumidero, cuando ha madurado completamente, transloca el nutriente a la hoja joven en desarrollo o a la inflorescencia. Por otra parte, el fósforo que se acumula en la fruta disminuye en la etapa de maduración de la misma.

Otros experimentos también ponen de manifiesto la gran capacidad de movilidad de este nutriente dentro de la planta. Walmsley y Twyford (1968b), han demostrado, usando  $^{32}\text{P}$ , que el fósforo absorbido por la planta, cv. Robusta (AAA), se transloca rápidamente a los retoños. Balakrishnan y Shanmugavelu (1985), empleando también  $^{32}\text{P}$ , indican que los retoños de variedades de banano con diferentes niveles de

---

ploidía, durante las primeras etapas de su desarrollo, causan un considerable agotamiento nutricional de la planta madre debida a la gran proporción de fósforo que obtienen de ella. Por otra parte, Rajeevan et al. (1987) señalan que si se retiene el seudotallo de la planta madre durante algún tiempo después de cortado el racimo, se consigue una considerable movilización de fósforo de la madre al hijo.

Los aspectos cuantitativos sobre la cantidad de fósforo que se transloca de la planta madre a los retoños son estudiados por Keshava et al. (1991) en banana Robusta. Estos autores indican que en la última etapa de su periodo vegetativo, la proporción de fósforo que moviliza la planta madre a los retoños es del orden de un 60% a 92%. También observan que fósforo total translocado se incrementa con el número de retoños retenidos, siendo el primer retoño el responsable del mayor vaciamiento de fósforo de la planta madre. La afluencia de fósforo desde la planta madre a los retoños continúa incluso después de cortado el racimo, si bien se reduce a un 44%. Por esto es recomendable, por un lado, cortar pronto los retoños en beneficio de aquellas otras partes de la planta que se quieran dejar sin talar, y por otro, no segar el seudotallo de la planta cosechada.

En cuanto a los niveles foliares adecuados de este nutriente para obtener buenos rendimientos, la bibliografía consultada propone una amplia diversidad de valores.

De este modo, los valores más bajos son los que corresponden a las investigaciones llevadas a cabo por Hernández et al. (1977) al Sur del Lago Maracaibo, Venezuela, donde se pone de manifiesto que en el plátano contenidos foliares de 0.20 – 0.27 % de fósforo durante las diferentes etapas de desarrollo de la planta son los apropiados para obtener buenos rendimientos. Estos valores están en concordancia con los propuestos por Chapman (1964).

Niveles similares proponen Dave et al. (1990) para Cavendish Enano (AAA) en la India. Estos autores establecen que un contenido de 0.2 % de P en la lámina de la hoja III es una concentración crítica adecuada en el periodo que va desde el

retoño hasta antes de la emisión de la inflorescencia, pero deficiente en el periodo que va desde esta última etapa a la cosecha.

Sin embargo, los valores que proponen otros autores son mayores. Así, los niveles propuestos por Hewitt y Osborne (1962) para el banano Lacatan (AAA) en la tercera hoja en la etapa de la emisión de la inflorescencia son 0.40 – 0.45 %; Ray et al. (1988) recomiendan, para este mismo órgano y en la misma etapa vegetativa, en el cv. Robusta (AAA) 0.52 % de P y Bhangoo et al (1962) proponen 0.95 % para Cavendish Gigante (AAA).

### *Interacciones del Fósforo con Otros Nutrientes Fundamentales*

Los altos niveles de fósforo en la fertilización disminuyen la absorción de algunos nutrientes, principalmente la del cinc.

Sairam (1996) estudia plantaciones de bananas con síntomas visuales evidentes de carencia de cinc: hojas amarillas y estrechas, con manchas blanco amarillentas en las venas. En dichas plantaciones los análisis de las hojas evidenciaron carencias de calcio y de cinc, estando el resto de los nutrientes por encima de los valores críticos establecidos. Los resultados señalaron que los excesos de fósforo conducen a deficiencias de cinc, mientras que no tienen relación con las deficiencias de calcio.

Los suelos de Canarias están enriquecidos con cantidades considerables de fósforo. En Tenerife se presentan valores de 250 a 500 ppm de  $P_2O_5$ , si bien para este cultivo es suficiente 20 ppm, [Alvarez et al (1999)]. Esto podría dificultar la absorción de cinc, ya que Díaz (1975) (citado por Alvarez et al. (1999)) encuentra una correlación negativa entre los niveles de fósforo del suelo y la concentración de cinc en las hojas del cv. Dwarf Cavendish.

---

Sin embargo, Koen (1993) indica que en el cv. Dwarf Cavendish los altos niveles de fósforo en la fertilización disminuyen no sólo la absorción de cinc sino que también la de calcio y magnesio.

## POTASIO

### *El Potasio en la Nutrición de las Plantas*

El potasio es un elemento que las plantas necesitan en gran cantidad. Aunque la mayoría de las plantas requieren cantidades relativamente grandes de potasio, no ha sido aislado ningún metabolito vegetal que contenga este elemento. El principal papel del potasio es el de actuar como activador de numerosas enzimas. No está aún totalmente claro el porqué para una acción simplemente catalítica, como es la de actuar como activador enzimático, requieren las plantas concentraciones altas de potasio. En este sentido, se ha sugerido que puede estar involucrado en el mantenimiento del balance iónico en las células. También tiene un papel importante en el metabolismo de los carbohidratos y proteínas, en el control de la transpiración y en el contenido de agua en las plantas [Guerrero (1991), Pérez Melián (2002), Salisbury y Ross (1994)].

El potasio es generalmente descrito como un elemento que produce un marcado efecto en la calidad del producto final, debido a que los frutos y vegetales que tienen un suplemento adecuado del mismo durante el ciclo de cultivo, aumentan su vida comercial post-cosecha. También favorece sustancialmente la palabilidad y consistencia de los frutos, mejorando su calidad [Bennett (1993)].

La deficiencia de ion potasio suele ser frecuente en suelos ligeros o suelos arenosos debido a su solubilidad. Sin embargo, está presente en suficiente cantidad en suelos arcillosos, donde está firmemente unido [Pérez Melián (2002)].

El síntoma más característico de la deficiencia de potasio es la aparición de un moteado de manchas cloróticas seguido por el desarrollo de zonas necróticas en las puntas y bordes de las hojas, las cuales pueden arrugarse de una manera característica. En general, una planta deficiente en este elemento presenta un aspecto achaparrado debido al acortamiento de los entrenudos. En condiciones extremas, las yemas terminales y laterales pueden morir. Debido a la movilidad de este elemento, los síntomas aparecen primero en las hojas más viejas, extendiéndose más tarde a las más jóvenes.

Otra consecuencia de la deficiencia de potasio es la baja resistencia a los agentes patógenos, de tal manera que las plantas son más vulnerables a las enfermedades [Belalcázar et al. (1991), Pérez Melián (2002)].

### ***El Potasio en la Nutrición del Banano***

El potasio es un elemento clave en la nutrición del banano. Según Lahav y Turner (1992), sus efectos sobre el cultivo son:

- Aumenta la producción de materia seca total de la planta
- Ejerce efectos positivos sobre la calidad de la fruta y la producción

Es el catión más abundante en las células de las plantas del banano. Debido a su alta acumulación en la fruta y en los tejidos, este nutriente es considerado el más importante en la producción de bananas. Al igual que en el resto de las plantas, el potasio no juega un papel importante en la estructura celular del banano. No obstante, es fundamental porque cataliza importantes reacciones tales como respiración, fotosíntesis, formación de clorofila y regulación del agua. El papel de este elemento en el transporte y acumulación de azúcares en el interior de la planta es particularmente importante ya que estos procesos permiten el llenado de la fruta, por lo tanto, mayor rendimiento, [López y Espinosa (1998)].

---

Los síntomas derivados de la deficiencia de potasio en el campo se han descrito como “caída de la hoja”, “amarilleamiento prematuro” y “marchitez del banano”. El síntoma más universal de su deficiencia es la aparición de clorosis naranja amarillenta en las hojas más viejas, las cuales conforme avanza la deficiencia se enrollan sobre si mismas y mueren. La vida de la hoja se reduce significativamente [Lahav (1972), Murray (1960), López y Espinosa (1998)]. La nervadura central se arquea de manera que la punta de la hoja se dirige se dirige hacia la base de la planta [Lahav (1972), Martin Prevel y Charpentier (1963), Murray (1959)]. Estos síntomas son los mismos que describen Vargas y Solís (1998) en plantas de plátano (*Musa* AAB) en un estudio de carencia inducida en cultivo hidropónico.

Otros efectos de su deficiencia estan ligados íntimamente con la producción; retraso de la floración, tamaño reducido de la fruta, insuficiente número de frutas/racimo y de manos/racimo. Estos síntomas se presentan tanto en cultivo en campo como en cultivo en arena. Pueden ocurrir carencias repentinas de potasio si los índices de liberación del suelo no coinciden con los cambios estacionales de la demanda de potasio en la planta. En estos casos, la planta puede dar racimos de manera satisfactoria pero luego el sistema foliar se colapsará a medida que se extrae potasio de la hoja para cubrir las necesidades de la fruta en crecimiento, [Turner y Bull (1970)].

La insuficiencia en el suministro de potasio reduce la producción de materia seca total y la distribución de la misma por toda la planta. Los órganos que se ven afectados de manera más drástica son los racimos. Turner y Barkus (1980) indican que bajo suministro restringido de potasio, la producción de materia seca total se reduce a la mitad, el racimo se reduce en un 80% y las raíces no se ven afectadas. Sugieren que de los distintos órganos que compiten por el potasio, tienen más éxito a la hora de cubrir sus necesidades aquellos que se encuentran más cerca de la fuente de suministro.

La reducción del suministro de potasio reduce la respiración [Martin Prevel (1973)]. La materia seca total representa el equilibrio entre la fotosíntesis y la respiración. Si la respiración es inferior en las plantas con deficiencia en potasio, el

efecto de la carencia de potasio sobre la producción de materia seca se verifica a través de la disminución de la fotosíntesis.

La deficiencia de este nutriente perjudica la síntesis de proteínas, ya que los aminoácidos libres [Freiberg y Stewart (1960)] y las formas solubles del nitrógeno [Martin Prevel (1973)] aumentan en las plantas con carencia de potasio.

Bajo condiciones de bajos aportes de potasio, el crecimiento de la fruta se ve restringido en dos formas distintas. La translocación de compuestos del carbono de las hojas a la fruta se reduce, e incluso cuando los azúcares llegan a la fruta, su conversión en almidón se ve limitada [Martin Prevel (1973)]. Por tanto, la carencia de este elemento da lugar a frutas “flacas” y racimos débiles.

Cuando el suministro de este nutriente es superior al que influye en el crecimiento y la producción, se han observado cambios en los azúcares reductores, no reductores y totales. A medida que aumenta la fertilización potásica, aumenta la proporción azúcar/ácido debido al aumento de azúcares y a la reducción de la acidez, [Vadivel y Shanmugavelu (1978)]. Es decir, el suministro de potasio tiene efectos positivos sobre la calidad de la fruta, así como sobre la producción.

La importancia de la nutrición potásica en el desarrollo del banano ha sido puesta de manifiesto en numerosos trabajos de investigación en los que se ha comprobado que las más altas concentraciones de potasio en las hojas corresponden siempre a las plantas más productivas, independientemente del nivel máximo de potasio observado en cada caso. Baruan y Mohan (1992), Bayona (1992), El Khoreiby y Salem (1991), Twyford y Walmsley (1974b), García et al (1977b) y (1977c)

Así en Israel, en un experimento en cultivo en arena en el que se cultivaron brotes jóvenes de bananos en soluciones nutritivas con concentraciones de potasio variables en un amplio intervalo, se observa siempre una relación entre la concentración de potasio en la solución nutritiva y la de la hoja, así como entre estas concentraciones y los parámetros empleados para predecir la producción, superficie

---

foliar, número de hojas verdes, talla y circunferencia del seudotallo, [Lahav (1972), Lahav (1977)].

Por otra parte, Ho (1969) y Oschatz (1962) en Taiwan encuentra una alta correlación positiva entre el contenido en potasio de la hoja y el número de manos, peso del racimo, dimensiones del seudotallo y de la hoja. El segundo de estos autores indica además que en las parcelas con aportes de potasio los racimos maduraron 1 – 2 meses más temprano. Esto es muy importante en Taiwan para conseguir mejores precios de mercado. También Chattopadhyay y Bose (1986) en la India y con el cv. Cavendish Enano (AAA), señalan que los aportes de potasio dan como resultado una temprana maduración de la fruta.

Del mismo modo, Hewit y Osborne (1962) en Jamaica con la variedad Lacatan (AAA) obtienen una elevada correlación positiva y muy significativa entre el peso de los racimos y el nivel de potasio en la hoja.

Rodríguez Gómez (1980) en América Central y con la variedad Gros Michel (AAA), encuentran igualmente que las dosis más altas de fertilización potásica, que conducen a los niveles más altos de potasio en la planta, dan origen a los mayores rendimientos.

También Turner y Barkus (1982) en Australia con el cv. Williams (Cavendish Gigante AAA) indican que los bajos aportes de potasio pueden llegar a reducir la producción hasta en un 73%.

Al igual que en las otras regiones anteriores, en las Islas Canarias se observa que la nutrición potásica es un factor limitante de la producción, encontrándose siempre que las plantaciones más productivas son aquellas que presentan los más altos niveles de potasio en las hojas, [García et al. (1977b)].

Si bien la práctica totalidad de los autores indican la especial relevancia del potasio en la nutrición del banano, las investigaciones llevadas a cabo por Shawky et



al. (1996) con la banana Hindy (*Musa cavendishii* L.) en cultivo en arena señalan que los diferentes niveles de potasio en la solución nutriente, incluso 0 meq/l de  $K^+$ , no producen efectos significativos en el desarrollo de la planta. Según estos autores, esto parece indicar que la platanera puede almacenar una cantidad conveniente de potasio en el cormo, que utiliza para proveerse de los requerimientos de este nutriente necesarios para su nuevo desarrollo. En esta misma línea están también las investigaciones desarrolladas por Abou Aziz et al. (1987) con el cv. Williams y los de Cardoso et al. (1973) en Cabo Verde.

En lo que concierne al plátano (*Musa* AAB), Obiefuna y Onyele (1987) indican que la demanda de potasio por la planta en las condiciones de cultivo de Nigeria es el doble de la que necesita de nitrógeno. Si esto no se cumple, se acelera la senescencia de la hoja y se demora la floración de dos a tres meses. Sin embargo estudios realizados en Costa Rica [Sancho y Vargas (1998)], Colombia [Belalcázar et al. (1991)] y Cuba [Castellanos et al. (1987)], concuerdan que existe una baja respuesta productiva de la planta del plátano a las adiciones de este nutriente.

En cuanto a las etapas vegetativas en las que se absorbe potasio, estudios sobre la toma de este nutriente en condiciones de campo han revelado un descenso general de la concentración del mismo en la materia seca de toda la planta desde que nacen los chupones hasta la recolección de la fruta [Martin Prevel (1967)]. Es decir, la toma de potasio es proporcionalmente mayor a la acumulación de la materia seca al principio de la vida de la planta. Si su absorción se ve limitada debido a un escaso suministro de dicho elemento o por algún otro factor, la mayor toma se produce en la primera mitad de la fase vegetativa. Este potasio es redistribuido dentro de la planta para permitir la acumulación adicional de materia seca. En los casos en los que su suministro es abundante, se absorben grandes cantidades del mismo durante la segunda mitad de la fase vegetativa, [Twyford y Walmsley (1973), (1974a), (1974b), (1974c)]. Incluso cuando la aportación de este elemento es abundante, la toma de potasio se reduce después de la emergencia de los racimos.

---

Según Martin Prevel y Montagut (1966c), a lo largo de todo el ciclo de cultivo se produce una sustitución progresiva de potasio por calcio, mientras que el porcentaje de magnesio permanece constante. Esto está de acuerdo con las observaciones hechas en Canarias por Fernández Caldas et al. (1973), pero estos autores añaden que las mejores producciones son aquellas que no presentan una disminución muy acusada de potasio entre las fases de diferenciación floral y emisión de la inflorescencia. Este comportamiento nos hace comprender que las necesidades de este nutriente son débiles en la fase anterior a la diferenciación floral pero aumentan a medida que se aproxima la emisión floral. En un trabajo posterior, [Fernández Caldas et al (1977)], en el que estudian la disminución de potasio en la planta en las fases floración y corte, también observan que para conseguir elevados rendimientos, la concentración de este nutriente en la hoja durante este periodo debe oscilar dentro de límites lo más estrechos posibles. Indican que esta condición es posiblemente aún más importante que los valores que pueda alcanzar la concentración de potasio en la hoja en un momento determinado.

La disminución de potasio en la planta conforme avanza el ciclo de cultivo ha sido corroborada por muchos autores en distintos cultivares. En general se observa que los niveles de este nutriente en la planta se hacen mayores al aumentar los niveles de fertilización pero se produce una disminución del mismo en las raíces, seudotallo y hojas en las últimas etapas del periodo vegetativo. Esto puede ser debido a que las diversas partes de la planta suministran una parte de su contenido en potasio para el desarrollo de los frutos, [Dave (1990), Hasan et al. (1999a) y (1999b) cv. Giant Governor (AAA); Twyford y Walmsley (1974b) cv. Robusta (AAA); Ram y Prasad (1989) cv. Campiergang Local (ABB)]. En este sentido, Twyford y Walmsley (1974b) indican que las hojas sirven de base para contribuir a una constante y adecuada nutrición potásica y hacen especial énfasis en la importancia de conservar todas las hojas verdes después de la emisión de la inflorescencia.

En cuanto a las concentraciones foliares de potasio adecuadas para obtener un óptimo desarrollo de la planta y en consecuencia los mejores rendimientos, los niveles óptimos propuestos abarcan límites anchos.

Así, Hewit y Osborne (1962) sugieren como nivel crítico para la variedad Lacatan (AAA) en Jamaica y en la fase de floración el de 4% en K. Sin embargo es de destacar que el primero de estos autores, Hewit (1955), había propuesto como nivel crítico para esta variedad el de 3.3 %.

Rodríguez Gomez (1980) en Centro América y con la variedad Gros Michel (AAA), señala como nivel máximo de potasio en la hoja el de 3.76% en el limbo y 5.50% en el peciolo.

Ray et al. (1988) en la India y con el cultivar Robusta (AAA), indican que una producción satisfactoria se corresponde con el nivel de 3.8 % K en la etapa de brotación. Sin embargo, Jambulingan et al. (1975) también en la India y con el mismo cultivar, recomiendan un contenido foliar de 4.3% de K.

Ho (1969) en Taiwan propone como nivel crítico el de 4.75% de potasio, pero indica que para obtener los máximos rendimientos se debe sobrepasar el 5%

En cuanto al plátano (*Musa balbisiana*), Hernández et al. (1977) en Venezuela señalan un contenido entre 3.0 y 4.0 % de K durante las diferentes etapas de desarrollo de la planta para obtener buenos rendimientos.

También, algunos autores han señalado las concentraciones en hojas por debajo de las cuales se presentan síntomas de carencia. Así, Lacoeyilhe y Martin Prevel (1971b) establecen el nivel de 2.4 % en la tercera hoja bajo condiciones de cultivo en medio artificial. Sin embargo, Shawky et al. (1996) en un estudio sobre el efecto de los diferentes niveles de potasio sobre el banano “Hindy” desarrollado en cultivo en arena proponen el valor de 1.41%. Este último resultado está de acuerdo con el que sugieren Abou Aziz et al. (1987) y Turner y Barkus (1983) para el cultivar Williams bajo condiciones de cultivo de campo. Por otra parte, Fernández Falcón y Fox (1985), en una experiencia en suelo franco-arcilloso, indican que en la variedad Cavendish gigante (AAA) un porcentaje de potasio en la hoja menor del 3.2% de potasio afecta negativamente al crecimiento.

## Interacciones del Potasio con Otros Nutrientes Fundamentales

Según Lahav y Turner (1992), la relación entre la concentración de potasio en el medio de cultivo y la toma total de potasio por la planta sigue la curva A de la figura 8. Si otros factores estuvieran limitando la toma de dicho nutriente, las curvas B o C serían las que más se ajustan a la realidad. En dicha figura se observa que en experimentos en cultivo en arena, las curvas de toma de potasio son similares a la curva esperada, curva A, pero bajo condiciones de campo, las relaciones simples entre concentración y toma son más difíciles de establecer. Los datos de campo representados corresponden a cinco lugares de las Islas Barlovento. De ellos se desprende que, excepto en Grenada (G), todos los lugares revelan una cantidad de potasio en la planta inferior a la que se podría esperar a la luz de la concentración de este nutriente en la solución del suelo. Esto se debe a limitaciones de Mg (StV), N (CS), K (T) y exceso de Ca + Mg (W).

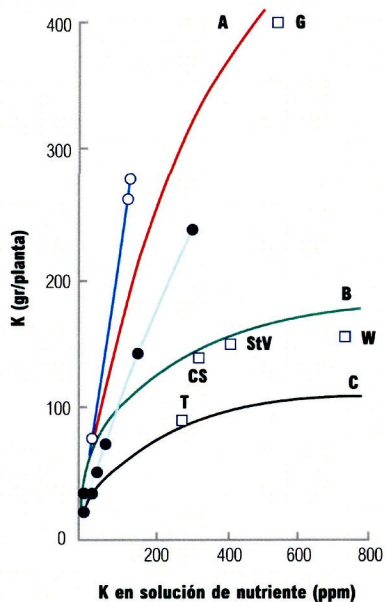


Figura 8. Relación esperada entre la concentración de K en la solución que rodea las raíces y la toma total de dicho elemento por la planta en la fase de fruta madura. A: toma normal; B y C: limitaciones en la toma de K. (●): Israel, cultivo en arena; (○): Australia, cultivo en arena; (□): Islas Barlovento, cultivo en campo (T: Trinidad; CS: Cul de Sac, Santa Lucía; W: Winban, Santa Lucía; StV: St Vicent; G: Grenada)

Debido a la importancia del potasio en el cultivo del banano, las interacciones de este elemento con los otros nutrientes fundamentales han sido objeto de numerosos estudios, en especial sus relaciones con el calcio y el magnesio. En general se observa que al aumentar el contenido de potasio foliar, disminuye el del calcio y el del magnesio, [Lahav (1978)]. Según Lopez Morales (1994), esto se explica teniendo en cuenta que estos tres elementos compiten entre sí tanto en el suelo como en la planta, al existir mayores niveles proporcionales de potasio disminuyen los porcentajes foliares de calcio y magnesio. Los tratamientos con dosis excesivamente altas de potasio tienen una producción menor, que pueden ser debidas a los bajos contenidos de calcio y magnesio en la planta.

También en Canarias, Fernández Caldas et al (1973) obtienen una correlación negativa elevada para las interacciones K/Ca y K/Mg. Sin embargo, estos autores indican que mientras la interacción K-Ca se hace más significativa a medida que la planta envejece, lo que puede ser debido a que los contenidos de calcio en la hoja están determinados por la concentración de potasio en la misma (sustitución progresiva de potasio por calcio a medida que la planta envejece), la interacción K-Mg no depende de la edad de la planta, observándose que a medida que aumenta el potasio, el magnesio disminuye y viceversa.

En cuanto a la magnitud de las relaciones negativas K-Ca y Ca-Mg. Lahav (1974) en una experiencia en cultivo en arena indica que el antagonismo K/Mg es mayor que el del K/Ca.

Sin embargo, García et al. (1977b) en cultivo de campo encuentran que la interacción más fuerte es la de K/Ca. Resultados similares son obtenidos por Murray (1960) y Hernández y Lugo (1967) en cultivo en arena.

El antagonismo K-Mg ha sido investigado con especial relevancia por varios autores, [Brun y Champion (1953), Dugain (1960), Martin Prevel y Montagut (1966c), Murray (1960), Turner y Bull (1970), García et al. (1978), Lahav (1978)]. Este

---

desequilibrio consiste en una relación K/Mg alta en la planta, lo que induce a que la misma presente junto con síntomas de carencia de Mg otros de exceso de potasio.

La relación K/Mg es, en general, elevada en los suelos de las Islas Canarias, debido a su riqueza natural en potasio y a la abundante fertilización potásica que reciben. Además, salvo en raras excepciones, no se tiene la costumbre de abonar con compuestos magnésicos. Esto hace que dicha relación tienda a aumentar con los años de cultivo, especialmente en las plantaciones donde más se fertiliza. García et al. (1978) estudiaron en estas islas, concretamente en algunas plantaciones al Sur de la Isla de Tenerife, una serie de trastornos en el llenado y presentación de la fruta a la vez que síntomas de deficiencia en magnesio que condujeron a una sensible reducción de los rendimientos. El análisis de limbos reveló altos contenidos en potasio y bajos en magnesio en comparación con otras plantaciones sanas, lo que se tradujo en una relación K/Mg, en meq, entre 2.05 y 2.97 en las plantaciones con desequilibrios, mientras que en las plantaciones sanas esta razón sólo llega a valores medios comprendidos entre 0.56 y 0.77. Dichos desequilibrios desaparecieron con el aporte de fertilizantes magnésicos y al dejar de fertilizar con potasa.

Este desequilibrio nutritivo ha sido relacionado en Canarias con los mecanismos de resistencia del banano al mal de Panamá, [Borges Pérez (1983)]. Según estos autores, altos valores de K/Mg en el suelo y su relación con el calcio en la nutrición de la planta, pueden asociarse a relaciones pectatos/pectina no adecuadas en los geles, que en tal caso serían poco resistentes al ataque del hongo. Sin embargo, Alvarez et al. (1981), también en Canarias, no encuentran relación entre el contenido de potasio en el suelo y el desarrollo de la enfermedad, indicando que el desarrollo de la misma se ve favorecida en suelos ácidos y con poco contenido en calcio.

Las relaciones entre la toma de potasio por la planta y la absorción de los otros dos aniones fundamentales, nitrógeno y fósforo, también han sido objeto de estudio por varios investigadores, sin embargo en este caso no está clara si existe antagonismo o sinergismo entre el potasio y estos dos nutrientes.

Así en la India y con el cv. “Jahay” (grupo AAA, subgrupo Cavendish), Baruan y Mohan (1991) señalan que al aumentar los niveles de potasio en la fertilización, la concentración de nitrógeno de la hoja disminuye. Esto está de acuerdo con las investigaciones bajo condiciones de campo de Hewitt y Osborne (1962) en Jamaica con el cv. Lacatan (AAA), Koen (1993) con el cv. Cavendish Enano (AAA) y las de Lahav (1974) en cultivo en arena. Según Dumas y Martin Prevel (1958), los altos rendimientos en Guinea y con la variedad Cavendish Enano (AAA) se consiguen con relaciones K/N comprendidas entre 1.35 y 1.60.

Sin embargo Hasan et al. (1999a) y (1999b) en la India con el cv. Giant Governor (AAA) y El Khoreiby y Salem (1991) con el cv. Cavendish enano, encuentran que la aplicación de potasio incrementa sustancialmente la cantidad de nitrógeno en la hoja. Según estos autores, el potasio es importante para una utilización eficiente del nitrógeno. Por otra parte Shawky et al (1996), también en la India y en cultivo en arena, indican que los aumentos o disminuciones moderados de potasio en la solución nutritiva con referencia a la solución estandar, 4 meq/l de  $K^+$ , no afectan de modo significativo el contenido de nitrógeno en la hoja.

En cuanto a las relaciones que guarda el potasio en la hoja con la concentración de fósforo en la misma, García et al (1977b) en Canarias encuentran elevadas correlaciones positivas en todos los casos estudiados. Según estos autores, dichos resultados pueden ser debidos a efectos secundarios, pero no a un sinergismo entre ambos nutrientes. La causa de este comportamiento puede estar motivada por la práctica comun del agricultor canario de adicionar los fertilizantes fosfatados y potásicos de modo simultáneo.

En este mismo sentido, Koen (1993) indica que los mayores niveles de potasio en la fertilización incrementan la absorción de fósforo y Lahav (1974) dice encontrar un ligero sinergismo, a pesar de haber obtenido una correlación negativa, aunque no significativa, entre ambos nutrientes.

---

Por el contrario, (Hewitt) (1955) y Murray (1960) señalan un antagonismo entre estos dos nutrientes, y Vargas y Solís (1998), bajo condiciones de cultivo hidropónico, encuentran que la carencia de potasio aumenta el contenido de fósforo en la hoja.

Por otra parte Ho (1969), El Khoreiby y Salem (1991) y Shawky et al. (1996) no encuentran variaciones en el contenido en fósforo de las plantas que presentan una amplia gama de concentraciones en potasio

## CALCIO

### *El Calcio en la Nutrición de las Plantas*

Este elemento puede actuar en las plantas bajo dos formas: como componente estructural de paredes y membranas celulares y como cofactor de varios enzimas.

El calcio forma parte de la estructura de la pared celular como pectato de calcio, localizado en la lámina media. Su función en la pared celular se supone que es contribuir a la rigidez de la misma. También se ha relacionado este elemento con la función de la membrana celular; los tejidos deficientes en este elemento presentan membranas desorganizadas.

Salisbury y Ross (1994), indican que en las plantas la mayor parte del calcio se encuentra en las vacuolas centrales y unido en las paredes celulares en forma de pectatos. De acuerdo con Bennett (1993), está involucrado en la división y elongación de la pared, tiene influencia sobre el pH de la célula y sobre la estabilidad estructural y permeabilidad de la membrana celular, actúa como ion regulador en la translocación de carbohidratos y desempeña un papel importante en la mitosis, debido a su efecto sobre la estructura y estabilidad de los cromosomas.



Según Marschner (1986), produce un efecto benéfico en el vigor de la planta y en la consistencia del follaje así como en la formación de la semilla sexual. Es un nutriente no tóxico aún en altas concentraciones y es muy efectivo como desintoxicante de otros nutrientes en exceso.

El calcio es un elemento muy abundante en la mayoría de los suelos, por lo que las plantas, en condiciones naturales de crecimiento, son raramente deficientes del mismo. Los casos en los que se observan síntomas de deficiencia se suelen corresponder con suelos ácidos, de tal forma que la deficiencia de este elemento va acompañada por niveles tóxicos de iones hidronio y de iones de metales pesados como aluminio y manganeso que son solubles en medio ácido.

Pérez Melián (2002) advierte que en general las soluciones nutrientes utilizadas en hidroponía suministran mucho calcio. Sin embargo, recientemente se ha demostrado que, si se hacen otros ajustes en la composición del medio nutriente, las plantas crecen bien en concentraciones más bajas de este elemento. Esto puede ser de gran importancia porque los fertilizantes son caros y una sobrefertilización es una fuente de contaminación. Por otra parte, altas concentraciones de calcio tienden a precipitar muchas sustancias, lo que puede ser importante para prevenir efectos tóxicos de otras sales que pueden estar presentes en exceso.

Los síntomas de deficiencia de calcio son bastante espectaculares y fáciles de observar. Las regiones meristemáticas de los tallos, hojas y raíces son atacadas fuertemente y pueden acabar muriendo, cesando el crecimiento de estos órganos. Las raíces pueden acortarse y en los bordes de las hojas jóvenes aparece clorosis seguida de necrosis. También es un síntoma característico la malformación de las hojas jóvenes, siendo el síntoma más fácil de reconocer la forma de gancho que toman las puntas de las mismas. Las raíces dañadas por una deficiencia de calcio son más susceptibles a infecciones por hongos y bacteria y los frutos suelen tener un pobre desarrollo o estar sujetos a enfermedades.

---

Según Pérez Melián (2002), las regiones meristemáticas se ven muy pronto afectadas porque la escasez de calcio impide la formación de nuevas paredes celulares y por tanto frena la división celular. Si la división de las células es incompleta, y no se fabrican nuevas paredes celulares, se forman células multinucleadas características de la deficiencia de calcio.

Debido a la inmovilidad del calcio dentro de la planta, los síntomas aparecen primero en las hojas más jóvenes.

### *El Calcio en la Nutrición del Banano*

Las primeras descripciones de deficiencia de calcio en el banano hacen referencia a la quemadura marginal de las hojas de mayor edad [Freiberg y Stewart (1960), Murray (1959)]. Sin embargo, estos síntomas pueden haber sido la consecuencia de altos aportes de sodio, ya que en cultivo en medio artificial Martin Prével y Charpentier (1963) encuentran los primeros síntomas en las hojas jóvenes cuya nervadura lateral se engrosó, especialmente cerca de la nervadura central. Unos diez días más tarde comenzó la clorosis intervenal marginal, con frecuencia cerca de la punta de la hoja. Cuando estas manchas maduraron, se expandieron hacia la nervadura central, infiriéndole a la hoja la apariencia de “diente de sierra”

En el campo, las señales derivadas de la deficiencia de calcio incluyen los síntomas de “hoja de púa”; Esto es, hojas en las que las láminas están deformadas o casi ausentes [Martin Prével y Montagut (1966b)]. Estos últimos síntomas no fueron observados en cultivo en arena por Charpentier y Martin Prével (1965), ni en la carencia de este elemento ni en el suministro alternado del mismo. Sin embargo, Vargas y Solís (1998) en cultivo hidropónico de plátanos (*Musa* AAB) indican que la deficiencia de este nutriente se manifestó con particular intensidad en la “hoja de púa”, con la presencia de áreas translúcidas o necróticas y deformación de la lámina foliar en proceso de apertura. Asimismo, la hoja más joven abierta mostró una tonalidad pardusca en la sección marginal basal.

Según Lahav y Turner (1992), es posible que la “hoja de púa” sea el resultado de una escasez temporal de calcio dentro de la planta originada por un arranque de crecimiento rápido. Estos autores indican que en Australia dicho síntoma aparece al principio del verano, tras el rápido crecimiento primaveral y también en las plantaciones que reciben grandes cantidades de potasio. Se piensa que otra causa es el tiempo frío del invierno anterior [Cann (1964)], si bien esto es improbable debido a que la lámina afectada no está presente en ese momento y no comienza su desarrollo hasta mediados de la primavera [Lahav y Turner (1992)].

Esto último está de acuerdo con las observaciones efectuadas por García (1977) en determinados cultivos de la isla de Tenerife, donde se apreciaron deformaciones en los limbos de muchas plantas que, según este autor, son debidas a un desarrollo muy rápido de la planta, no permitiendo una movilización de calcio en la misma lo suficientemente rápida como la necesaria para la perfecta formación de las hojas.

En Australia, las plantas que presentan síntomas de deficiencia de calcio tienen alrededor de la mitad de concentración de dicho nutriente en la materia seca de la hoja III que las plantas sanas de los alrededores [Stevenson (1980)].

Por otra parte, el síntoma “hoja de púa” y el engrosamiento de la nervadura secundaria son muy similares a los derivados de la deficiencia en azufre y boro (ver tabla 7).

En cuanto a las repercusiones de la deficiencia de calcio en la fruta, Charpentier y Martin Prével (1965) indican que la calidad de ésta es inferior y la piel se separa cuando madura.

La toma de calcio durante el ciclo de crecimiento de la planta es proporcional a la acumulación de materia seca por lo menos hasta el surgimiento de los racimos. Durante el crecimiento de la fruta, la toma adicional de calcio depende del lugar de cultivo [Twyford y Walmsley (1974b), (1974c)].

---

En esta misma línea están los trabajos de Buragohain y Shanmugavelu (1986) e Irizarry et al (1988), quienes indican que los mayores incrementos en la absorción de calcio se producen en el periodo de crecimiento. Después de dicha etapa, la absorción es constante y continua. Por otra parte, el calcio crece marcadamente de las hojas jóvenes a las viejas; esto es, el calcio no es redistribuido en el interior de la planta, es un elemento inmóvil, [Twyford y Coulter (1964), Vorm y Diest (1982), Ndubizu (1983)].

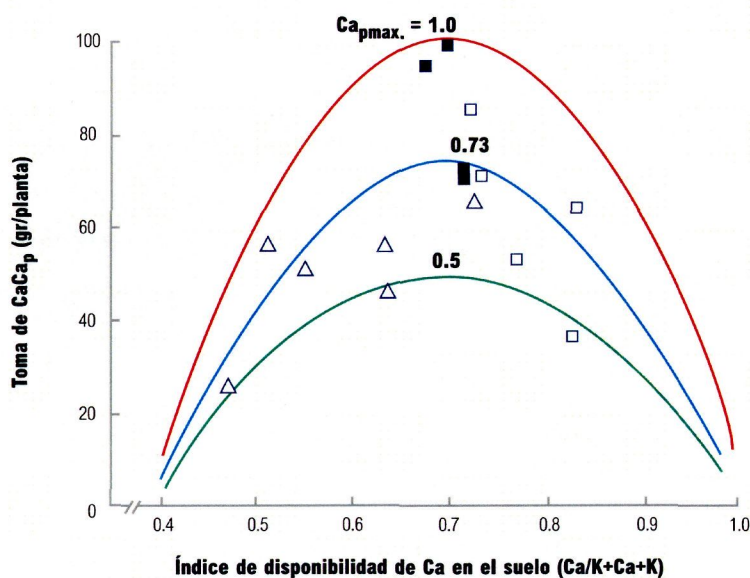
Lahav y Turner (1992) analizaron el grupo Cavendish para determinar los factores asociados a la toma de calcio por la planta. Definieron un índice de disponibilidad en el suelo,  $\Delta$ , como  $Ca/(K+Ca+Mg)$ , donde las concentraciones están expresadas en meq/100 g de tierra. Encontraron que el valor óptimo de este índice era 0.7, fig. 9, y extrapolando encontraron que la toma de calcio nula se daba cuando  $\Delta$  tomaba los valores 0.4 y 1.0. La toma relativa de calcio,  $Ca_r$ , se relacionaba con  $\Delta$  mediante siguiente ecuación:

$$Ca_r = Ca_{pmax} 11.11 (\Delta - 0.4) (1.0 - \Delta)$$

donde  $Ca_{pmax}$  es la toma máxima de calcio y está influenciada por la variedad y el clima

En cuanto a las cantidades de este nutriente necesarias en el medio de cultivo para maximizar la producción, la bibliografía consultada parece señalar, salvo algunas excepciones, el hecho de que el calcio no juega un papel fundamental en lo que a los rendimientos se refiere. Según Champion (1963), se puede estimar que en todos los casos, un contenido de calcio en el suelo de 1 meq/100 g de suelo responde con suficiencia a las necesidades del banano.

Así, García et al (1977b) indican que la concentración de calcio en la hoja, expresada como porcentaje de la suma de cationes, guarda relación con la circunferencia del pseudotallo, encontrándose siempre que los valores más altos de estos porcentajes van asociados a las circunferencias más pequeñas, pudiéndose explicar esta relación por el antagonismo K/Ca.



### Índice de disponibilidad de Ca en el suelo ( $Ca/K+Ca+K$ )

Fig. 9.- toma de Ca por la planta con relación al índice de disponibilidad de Ca en el suelo,  $\Delta$ . Datos extraídos de estudio de campo en las Antillas ( $\Delta$ ), Islas Barlovento ( $\square$ ) y Camerún ( $\blacksquare$ ) [Lahav y Turner (1992)].

En la isla de La Palma, donde se encuentran las producciones por unidad de superficie más elevadas del Archipiélago Canario, el pH del suelo está íntimamente ligado a su contenido en calcio. La concentración de calcio en los suelos de esta isla es elevada, tanto en valor absoluto como en valor relativo; se encuentran suelos desde 7.7 meq/100g, hasta suelos típicamente calcáreos donde el porcentaje de calcio en la suma de cationes presenta valores superiores al 60%. En estos cultivos se observa que la concentración de calcio en la hoja depende del contenido de calcio intercambiable en el suelo y en consecuencia del pH, no observándose tendencias definidas en lo que concierne a la influencia de la concentración de este nutriente ni en el suelo ni en la planta sobre la circunferencia del seudotallo [García et al (1979)].

Según Fernández et al (1973), el calcio es un elemento pasivo en los procesos fisiológicos de la planta. Su contenido en la hoja está determinado por la concentración de potasio que posee ésta, más que por las propias necesidades de la

---

planta. Su papel se reduce al mantenimiento de un equilibrio iónico y la importancia de este elemento para el cultivo está mas directamente ligada a su influencia sobre las propiedades físicas del suelo, regulación del pH y procesos de nitrificación, que a un papel nutritivo. Este comportamiento ha sido igualmente señalado por Champion (1958)

El hecho de que en los estudios sobre suelos bananeros muy pobres en calcio, no se haya observado ninguna deficiencia en este elemento, demuestra las débiles exigencias del banano por el calcio, [Freiberg (1966)].

En contraposición a lo anteriormente expuesto, Nobrega (1983) indica que el calcio es el tercer macronutriente en importancia para el banano Prata con un contenido foliar superior a la mitad obtenida para el nitrógeno. Este autor refiere una relación entre nutrientes en la fase de la cosecha de la planta madre en torno a 15:1:27:8:2, para N:P:K:Ca:Mg respectivamente.

También Pérez Escolar y Lugo López (1979) en un estudio en el que se determinó el efecto del pH del suelo y los factores de acidez relacionados con él, en la producción de plátano (*Musa* AAB, cv. Maricongo) en Puerto Rico, encuentran una correlación positiva entre el pH del suelo y el número de frutas por racimo, y otra también positiva y altamente significativa entre el contenido de calcio en la hoja y el número de frutas.

Por otra parte, el contenido de calcio del suelo parece ejercer un efecto favorable en la prevención de la incidencia de las enfermedades del banano “cogollo racemoso”, producida por un virus todavía sin identificar, y “mal de Panamá”, causada por el hongo *Fusarium oxisporum* var. *cubense*.

En este sentido, Alvarez et al (1981) en un estudio sobre la influencia de las características del suelo sobre la incidencia del “mal de Panamá”, indican que en las plantaciones sanas la concentración de calcio osciló entre 37.4 y 26.5 meq/100, mientras que en las plantaciones enfermas el valor del contenido de calcio en el suelo estuvo comprendido entre 9.5 y 16.5 meq/100 g. Según estos autores, estas diferencias son

suficientemente grandes para poder pensar en el efecto positivo del calcio en la prevención de la enfermedad.

Por otra parte, estos mismos autores señalan que la acción favorable del calcio podría ser indirecta: las sales pépticas que componen la pared celular contribuyen de forma intensiva a impedir la entrada de hongos parásitos en las células vegetales; o bien como refiere Corden (1965) en el tomate, contribuyen a desactivar las enzimas pectolíticas producidas por el *Fusarium*

En cuanto a la enfermedad del “cogollo racemoso”, parece ser que el contenido en  $\text{CaO}+\text{MgO}/\text{K}_2\text{O}$  en el tejido de la planta ejerce influencia en la resistencia de la misma a la infección por el virus, [Balakrishna Pillai y Nair (1974), Nair y Pillai (1966)], siendo los síntomas de la enfermedad más débiles cuando la relación  $\text{CaO}/\text{MgO}$  en el suelo es de 3.0, [Nair et al (1966)].

En relación con los niveles críticos de calcio apropiados para proporcionar un adecuado desarrollo en la planta y en consecuencia mayores rendimientos en la producción de frutos, la bibliografía consultada no da valores de referencia y en el caso de darlos siempre lo hace conjuntamente con las concentraciones de los otros dos cationes fundamentales, magnesio y potasio. Por otra parte, niveles que para algunos autores son óptimos para otros son propios de carencia.

En este sentido, Delvaux et al (1984) en Camerun, establecen como valores críticos de K, Ca y Mg en el suelo 1.5, 5.0 y 1.4 meq/100 g de suelo y 2.5, 0.66 y 0.25 % de materia seca en el limbo. La cantidad de  $\text{Ca}/\text{K}+\text{Ca}+\text{Mg}$  propuesta por estos autores en el suelo, 0.63, está próxima a la óptima referida por Lahav y Turner (1992) como valor óptimo para el grupo Cavendish, 0.7, ver fig. 9.

Sin embargo, Lacoeyille y Martin Prevel (1971b), indican que la carencia de calcio se traduce en contenido de 0.7 % de este elemento en el limbo de la hoja III, con relaciones K/Ca superiores a 7.

---

### *Interacciones del Calcio con los Otros Nutrientes Fundamentales*

Como ya se indicó en el apartado dedicado al potasio, las interacciones de este nutriente con el resto de los nutrientes fundamentales parecen estar gobernadas por el potasio, más que por el propio elemento en cuestión. Aún así cabe destacar el trabajo de Vargas y Solís (1998) en el que se indujeron deficiencias nutricionales de macronutrientes y micronutrientes en cultivo hidropónico de plantas de plátano (*Musa* AAB, clon semigigante “Falso Cuerno”). Según estos autores la carencia de calcio aumentó el contenido de magnesio, azufre, fósforo, hierro, manganeso y boro en la hoja III, en cantidades que representaron una relación porcentual del 105, 59, 50, 41, 38 y 8 en relación con el cultivo testigo, siendo la disminución de calcio que representó la carencia del propio nutriente del 38%.

Por otra parte, la carencia de boro y de nitrógeno aumentó el calcio foliar en un 13 % y 4 % respectivamente. La carencia conjunta de Ca-Mg disminuyó el calcio foliar un 58 %, mientras que la carencia de Mg, Mn y P lo disminuyeron un 32 %, 30 % y 30 % respectivamente.

En este mismo trabajo se señala que la carencia conjunta de Ca-Mg, Ca-K y Ca-Mg-K muestran los síntomas típicos de la deficiencia de calcio. Según Vargas y Solís (1995), el predominio que se observa de la sintomatología de deficiencia de calcio, sobre aquella correspondiente a la carencia de magnesio, y de estos, en relación con la de potasio, puede deberse principalmente a un requerimiento diferencial que de ellos presentó la planta. Estos autores refieren la posibilidad de que la falta de calcio acelera la disminución de su concentración foliar en los tejidos meristemáticos, dando como resultado la muerte de los mismos. Esto probablemente reduce la intensidad del transporte de magnesio y potasio de las hojas adultas hacia los órganos más jóvenes de la planta con lo que se favorece en ellas la permanencia de una mayor cantidad de dichos nutrientes.



## MAGNESIO

### *El Magnesio en la Nutrición de las Plantas*

Al igual que el calcio, el magnesio puede encontrarse en las plantas como elemento estructural o como cofactor enzimático. Su papel estructural es formando parte de la molécula de clorofila, aunque bajo esta forma sólo constituye el 10 % del magnesio presente en las hojas. Como activador enzimático, el magnesio es cofactor de casi todos los enzimas que actúan sobre sustratos fosforilados, por lo que es de una gran importancia en el transporte de fosfatos y transferencia de carbohidratos [Echeverri (1989)]

El magnesio es mucho menos abundante en los suelos que el calcio, y la deficiencia del mismo no es usual en plantas que crecen en suelos arenosos o ligeramente ácidos [Pérez Melián (2002)]. En suelos muy ácidos, o muy ricos en potasio cambiante, o muy ricos en calcio, la absorción de magnesio asimilable se realiza con dificultad [Álvarez et al. (1978)].

Es difícil dar síntomas generales de la deficiencia de magnesio, debido a que la variedad de síntomas en las diferentes especies es muy grande. Aún así, uno de los síntomas más característicos de la deficiencia en este elemento es la clorosis intervenal en las hojas.

Debido a la movilidad del magnesio dentro de la planta, los síntomas se presentan primero en las hojas maduras.

### *El Magnesio en la Nutrición del Banano*

Se han registrado casos de deficiencia y exceso de magnesio en muchos países en los que se cultivan bananos. Las deficiencias generalmente se dan en los casos

---

en los que se producido este cultivo durante 10 – 20 años sin fertilizantes de magnesio [Chalker y Turner (1969)] o en los casos en los que se ha utilizado grandes cantidades de fertilizantes de potasio durante unos años [Messing (1974)].

Los síntomas asociados a su deficiencia han sido descritos en cultivos en arena [Freiberg (1966), Martin Prevel y Charpentier (1963), Murray (1959)], en cultivo hidropónico [Vargas y Solís (1998)] y en el campo [Chalker y Turner (1969), Turner y Bull (1970)]. La variedad de síntomas que exponen los diversos autores es muy amplia: amarillamiento de la hoja, que se extiende hasta cerca de la nervadura central; moteado púrpura de los pecíolos; necrosis marginal y separación de las vainas foliares del seudotallo. En cultivo en arena, con frecuencia se observa necrosis marginal, aunque el síntoma más común en el campo es que los márgenes de las hojas más viejas generalmente permanecen verdes mientras que el área entre el margen y la nervadura central se vuelven cloróticas. Dichas lesiones son probablemente el producto de una fotosensibilización del tejido dada por la deficiencia de magnesio.

En cultivo hidropónico se ha encontrado la presencia de hongos *Fusarium* sp., *Rizophus* sp. y *Deightoniella torulosa* en las lesiones necróticas asociadas con la deficiencia de magnesio, [Vargas y Solís (1998), Vargas y Solís (1995)]

Por otra parte, los altos valores de magnesio en el suelo aumentan la resistencia de la planta a la enfermedad “mal de Panamá” [Álvarez et al. (1981)]. La acción ventajosa del magnesio contra las enfermedades producidas por hongos ha sido también señalada en otros cultivos [Akbar et al. (1971)].

La toxicidad de magnesio está asociada a una afección conocida como “azul” [Martin Prevel y Montagut (1966c)]. Sin embargo, Lichtemberg y Malburg (1984) encontraron dicha afección en plantas que presentaban un contenido muy bajo de magnesio en la hoja, mientras que los contenidos de potasio estaban dentro de los límites considerados como adecuados por la bibliografía. Los síntomas desaparecieron tras fertilizar con  $MgSO_4$ .

El magnesio es un elemento móvil por lo que, bajo condiciones de cultivo adecuadas, se acumula en las hojas más viejas [Ndubizu (1983)]. Sin embargo, Vorm y Diest (1982) indican que la movilidad de este nutriente desde las hojas viejas a las jóvenes es moderada.

Turner y Barkus (1970) estudiaron la distribución de este nutriente en el sistema de hojas de plantas deficientes y plantas sanas. Observaron que las plantas que crecieron en suelos deficientes en magnesio, mostraban mayor contenido en este elemento en las hojas jóvenes en comparación con las más viejas, tanto si las plantas presentaban o no signos de deficiencia. Las plantas que se desarrollaron con cantidades adecuadas de magnesio en su fertilización acumulaban magnesio en todas sus hojas y las hojas viejas presentaban mayor cantidad de magnesio. Estos autores proponen que para hacer diagnósticos de deficiencia en este nutriente, puede ser necesario analizar dos hojas de la misma planta, una joven, posición 2, y una vieja, posición 6 o anterior. El gradiente del contenido de magnesio entre ambas, indicará si la planta necesita más cantidad de este elemento en su fertilización.

Turner y Barkus (1981) observaron que la toma de magnesio por parte de la planta estaba influida en gran medida por la concentración de este elemento en la disolución que rodea las raíces, y en mucha menor medida por el crecimiento de la planta. Estas observaciones están confirmadas por las experiencias realizadas por Martin Prevel y Montagut (1966b), Montagut y Martin Prevel (1965) y Montagut et al. (1965), ya que no hallaron relaciones entre el peso seco total de la planta y la toma de magnesio por la misma, si bien existía una relación de hipérbola rectangular entre la concentración de magnesio en el medio de cultivo y la toma total de magnesio por la planta. Cuando se observan concentraciones de este nutriente en la planta inferiores a las que cabría esperar a la luz de la concentración de este elemento en el medio de cultivo, se debe, como sucede con el potasio, a otros factores que pueden limitar la toma de magnesio.

---

Sin ningún suministro de magnesio, el banano muere con el tiempo [Charpentier y Martín Prevel (1965)], si bien las condiciones de cultivo en el campo son en general de suministro restringido, más que de total ausencia de este elemento.

La relación entre el suministro de magnesio, el desarrollo de la planta y la manifestación de síntomas de carencia no está del todo clara. Por ejemplo, Charpentier y Martín Prevel (1965) produjeron plantas en cultivo en arena bajo condiciones de carencia en este elemento desde muy temprana edad y, sin embargo, la producción no se vio afectada. Turner y Barkus (1980), también en cultivo en arena, observaron una reducción del 20 % en la materia seca de la fruta en plantas que crecieron con reducido aporte de magnesio en la solución nutriente, no observando síntomas de carencia en la hoja. En cultivo de campo Irizarry et al (1990) aplicaron distintos niveles de magnesio en la fertilización (0, 56, 112, 168, 224 y 448 Kg/ha/año de  $MgSO_4$ ), encontrando que la respuesta económicamente óptima en la fertilización es la de 112 a 168 Kg/ha/año de  $MgSO_4$ , con la que obtuvieron un aumento en el rendimiento de 5.8 a 7.7 t/ha/año de frutos sobre el rendimiento que presentó el cultivo sin fertilizar con este nutriente. Los diferentes cultivares y ambientes en los que se desarrollaron ambos cultivos –“Poyo” en Costa de Marfil, “Williams” en Nueva Gales de Sur y “Williams” en Puerto Rico, respectivamente– pueden ser la causa de las reacciones observadas.

La reducción de la producción originada por el escaso suministro de magnesio es proporcional al crecimiento reducido de otras partes de la planta, en contraste con los efectos de la poca aportación de potasio, en cuyo caso el tamaño del racimo se reduce más que otras partes de la planta [Lahav (1972), Turner y Barkus (1980)].

En nuestras Islas la relación entre las cantidades de magnesio en el suelo y en la planta con la producción tampoco sigue una regla definida.

En la Isla de Tenerife se encuentran correlaciones positivas entre el magnesio cambiante y el contenido de magnesio en los nervios, estando además el contenido de magnesio en los nervios estrechamente relacionado con la circunferencia

del seudotallo, encontrándose que los valores más altos de la misma corresponden a las concentraciones más bajas de magnesio. Por otra parte, la relación K/Mg en los nervios guarda una estrecha relación positiva con la circunferencia del seudotallo [García et al. (1977c), García (1977)].

Sin embargo en La Palma, al contrario de lo que ocurre en Tenerife, no se observan relaciones entre la concentración de magnesio en la hoja y el contenido de magnesio de cambio en el suelo, ni una tendencia definida en lo que concierne a la influencia de la concentración de magnesio del suelo ni de la planta sobre la circunferencia del seudotallo; si bien los altos contenidos de magnesio en el suelo disminuyen la absorción de potasio por la planta, manifestándose una clara interacción negativa entre las concentraciones foliares de potasio y magnesio [García et al. (1979)].

En cuanto al periodo vegetativo en el que la planta absorbe más cantidad de magnesio, la bibliografía consultada indica que las necesidades de este nutriente por la planta son grandes en la etapa vegetativa de la misma, durante la cual absorbe cantidades crecientes de este elemento. Cuando la planta alcanza el final del periodo vegetativo, la asimilación de magnesio permanece constante y continua hasta la cosecha [Buragohain y Shanmugavelu (1986), Fernández Caldas et al. (1973)].

En lo que se refiere a las concentraciones críticas de este elemento en la hoja, Wortmann et al. (1994), indican que la producción se ve favorecida cuando la concentración de magnesio en la lámina III está dentro de los límites 0.25% – 0.65 %, estableciendo como nivel crítico para este nutriente el valor de 0.48 % en las zonas altas del Este de África.

Los síntomas visuales de carencia en magnesio se corresponden con un contenido foliar menor que 0.22 % de Mg en la hoja III, [Lacoeuilhe y Martin Prevel (1971b)]

---

## *Interacciones del Magnesio con los Otros Nutrientes Fundamentales*

Según Turner y Barkus (1983), el aumento de magnesio en la fertilización del banano “Williams”, (AAA), desarrollado en cultivo en arena, sólo se traduce en un aumento de la cantidad de cobre en la planta, no teniendo efecto en el contenido de los otros nutrientes.

En plantas de plátano, “Falso Cuerno”, (AAB), desarrolladas en cultivo hidropónico, la carencia de magnesio en la solución nutritiva disminuye el contenido de magnesio, hierro y cinc de la hoja III en cantidades que representan, respectivamente, un 83 %, 25 % y 13 % cuando se las compara con el cultivo testigo. La deficiencia de este elemento en la solución de riego disminuye, en comparación con el cultivo testigo, un 32 % el contenido de calcio de la hoja III y un 14% el de manganeso, aumentando un 8% el contenido de boro [Vargas y Solís (1998)].

Grandes cantidades de magnesio en la fertilización disminuyen la absorción de potasio por la planta. Inversamente, pequeños aportes de potasio, aumentan la absorción de magnesio [Sanyal y Mitra (1993)]. La interacción K/Mg, ampliamente analizada en la bibliografía del banano, también se observa en nuestras Islas [Fernández Caldas et al. (1973)].

Martin Prevel (1978) señala un sinergismo entre el magnesio y el fósforo. Este autor indica que el magnesio en poca cantidad reduce la absorción de las raíces y restringe la transferencia de fósforo a la parte superior de la planta. Sin embargo, en un experimento llevado a cabo en cultivo en arena durante tres ciclos de cultivo [Turner y Barkus (1983), Turner y Barkus (1981)], se pudo observar que el suministro de magnesio en pocas cantidades reducía la toma de fósforo de la planta en un 19 %, pero únicamente como consecuencia de su efecto sobre el total de materia seca de la planta. Los bajos aportes de magnesio en la fertilización no influyeron en la transferencia de fósforo a la parte superior de la planta, pues la proporción de fósforo retenido en las raíces no se vio afectada. El suministro reducido de magnesio sí que disminuyó la concentración de fósforo en la materia seca de la lámina de la hoja III, como también

había observado Martin Prevel (1978), pero no tuvo efectos sobre la concentración de fósforo de las raíces.

## MICRONUTRIENTES

Los micronutrientes son los elementos que las plantas necesitan en menor cantidad. No obstante, son tan importantes como los macronutrientes para una adecuada nutrición mineral y consecuentemente para un adecuado desarrollo de la planta [Vargas (1998)].

La clasificación de los mismos en base a su función general puede ser la siguiente [Bennett (1993)]:

- Como constituyentes de compuestos orgánicos e inorgánicos: B, Fe y Mg
- Como activadores, cofactores o formando parte del grupo prostético de los sistemas enzimáticos: Fe, Zn, Mn, Cu, Mo y Cl
- Como portadores de cargas en las reacciones de oxidación-reducción: Fe, Mn y Cu
- Como osmoreguladores y equilibrantes electroquímicos en la célula: Cl

Al igual que los macronutrientes, la fuente natural de estos elementos es el suelo, siendo una de sus características el hecho de que la disponibilidad de los mismos depende en gran medida del pH del medio de cultivo y de la presencia de otros iones con los que pueden formar precipitados y complejos.

---

## HIERRO

### *El Hierro en la Nutrición de las Plantas*

El hierro es el micronutriente que las plantas necesitan en mayor cantidad, siendo a veces considerado como un macronutriente. Las plantas lo absorben como catión ferroso [Pérez Melián (2002)].

Este elemento tiene una marcada tendencia a formar compuestos insolubles en el suelo y en la planta. Suelos alcalinos o calizos producen normalmente plantas deficientes en hierro, aunque dicho nutriente sea abundante en los minerales del suelo, debido a la formación de óxidos e hidróxidos insolubles de hierro. Asimismo, el exceso de otros minerales puede hacer que precipite el hierro, ocasionando síntomas de deficiencia en este elemento. Por otro lado, puede aparecer toxicidad de hierro si los suelos que tienen un alto contenido en este elemento se hacen fuertemente ácidos [Pérez Melián (2002)].

En la figura 10 está representada la gráfica de la estabilidad del ion  $Fe^{2+}$  en función del pH a la concentración utilizada en la solución nutritiva que empleamos en este trabajo.

La importancia del hierro se basa en dos hechos fundamentales [Bennet (1993), Pérez Melián (2002), Salisbury y Ross (1994)]:

- Es esencial para la síntesis de clorofila, aunque no forma parte de su molécula. Está involucrado en la fijación del nitrógeno, la fotosíntesis y la transferencia de electrones. Como transportador de electrones está involucrado en reacciones de oxidación-reducción.
- Forma parte de sistemas enzimáticos, puede estar involucrado en la formación de lípidos en el núcleo, cloroplastos y mitocondrias y es requerido en la síntesis de proteínas.



## Estabilidad del ión $\text{Fe}^{2+}$ en función del pH

Peso atómico Fe = 55.85

Estado de oxidación: + 2

Concentración del  $\text{Fe}^{2+}$  en solución nutritiva = 2 ppm

Concentración molar =  $10^{-4.5}$

Constantes de equilibrio:



log C

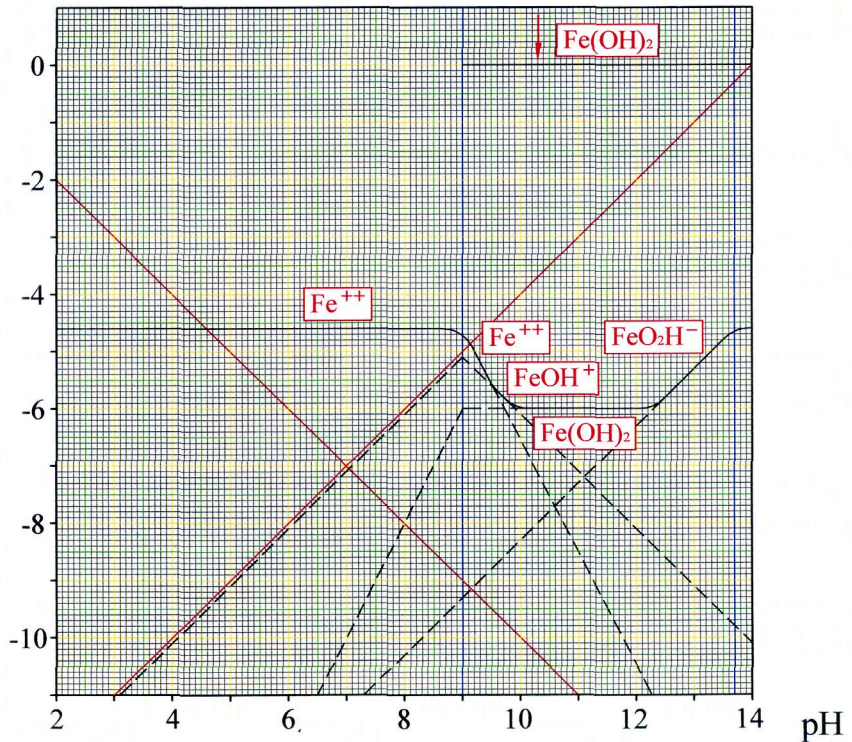


Fig. 10. Diagrama logarítmico del Fe (II) en función del pH.

---

Debido a la relativa inmovilidad de este elemento, los síntomas de deficiencia de hierro aparecen en las hojas más jóvenes. Dichos síntomas son fácilmente reconocibles y muy específicos: desarrollo de una fuerte clorosis general en las hojas más jóvenes sin evidente disminución de tamaño o necrosis. Esta clorosis se puede eliminar fácilmente en suelos deficientes en hierro o en suelos alcalinos con pulverización de una solución de hierro, normalmente quelato de hierro (Fe-EDTA) [Pérez Melián (2002)].

### *El Hierro en la Nutrición del Banano*

El hierro es junto con el manganeso el principal micronutriente tomado por la planta del banano en la fase vegetativa [Vargas (1998)].

Las primeras referencias de la clorosis férrica en el plátano aparecen en 1938 en una publicación de un trabajo de Wardlav realizado en Haití en plantaciones sobre suelos muy alcalinos. En 1940 el mismo autor hace algunas sugerencias para mejorar las condiciones de las plantas que sufren esta anomalía: aplicación al suelo de sales de hierro y lavado de las cantidades tóxicas de álcalis que lo puedan haber hecho inasimilable.

En Hawai, en suelos calcáreos alcalinos, Cooil y Shoji (1953) observaron una clorosis que pudo ser remediada por tratamientos con pulverizaciones de  $\text{FeSO}_4$  o quelatos de hierro.

Ziv (1954) indica la presencia de clorosis férrica en los suelos calcáreos del Valle del Jordán, con la particularidad de que los síntomas más agudos aparecen en la primavera y otoño, recuperándose frecuentemente el color verde en verano.

Simmonds (1966) describe los síntomas de deficiencia férrica, indicando que esta se ve favorecida cuando el suelo es alcalino y en las épocas de sequía.

El síntoma más común en el campo, que se manifiesta en las hojas jóvenes, es la clorosis de la hoja entera, las cuales pueden tornarse amarillo-blancas [Lahav y Turner (1992)].

Vargas y Solís (1998), en cultivo hidropónico, también observan que la deficiencia de hierro se presenta en las hojas más jóvenes de la planta, en forma de una clorosis paralela a la venación secundaria, cuyo desplazamiento en la lámina foliar va de la base hacia el ápice y del margen hacia el interior.

En los cultivos de bananos de Tenerife, el hierro es el único micronutriente que con relativa frecuencia presenta valores deficitarios. La clorosis férrica suele presentarse sobre suelos de pH neutro o ligeramente alcalino, observándose la característica pérdida del color verde que normalmente presentan las hojas. Frecuentemente la intensidad de los síntomas varía con las estaciones, siendo más agudos en primavera y llegando a desaparecer en verano [Díaz et al (1976)]. Esta situación es similar a la descrita por Ziv (1954).

Según Díaz et al (1976), es posible que la razón de la deficiencia férrica en Tenerife se encuentre, dado la total ausencia de  $\text{CaCO}_3$  en estos suelos, en el efecto del  $\text{HCO}_3^-$ , presente en elevadas concentraciones en el agua de riego, ya que el  $\text{NaHCO}_3$  es una de las sales que más impiden una buena traslocación del hierro por las plantas. En este sentido, encuentran correlaciones negativas de elevada significación entre el hierro en la hoja y el sodio, y también el magnesio, cambiables, debido a la estrecha relación existente entre el contenido en estos cationes y el pH en estos suelos [García (1977), García et al. (1977a)].

En cuanto a la conveniencia del análisis de limbos o nervios para determinar la nutrición férrica de la planta, la concentración de este nutriente en el nervio muestra muy poca relación con las características químicas del suelo, lo que indica que esta parte de la planta es poco adecuada para obtener información acerca de la nutrición férrica de la misma [Díaz et al. (1976), Fernández Caldas et al. (1977)].

---

En plantaciones que están afectadas de clorosis férrica, los análisis foliares están en perfecta concordancia con la intensidad de los síntomas visuales, (tabla 14).

<i>Síntomas</i>	<i>Coloración</i>	<i>Concentración de Fe en la hoja III (ppm)</i>
Hoja normal	Verde	70
Clorosis ligera	Verde pálido	54
Clorosis media	Amarillo verdoso	51
Clorosis aguda	Amarillo	45

Tabla 14. Concentración de Fe en la hoja III en diferentes estados de clorosis [Díaz et al. (1976)]

La carencia de hierro puede corregirse mediante pulverización foliar con un contenido de 0.5 % de  $\text{FeSO}_4$  o Fe-EDTA. El quelato se puede aplicar directamente en el suelo, pulverizando las hojas o en el agua de riego [Lahav y Turner (1992)]. Sin embargo, la fertilización férrica en plantas que no están afectadas de clorosis, o como una medida para evitar futuras deficiencias de este nutriente es una práctica y un gasto innecesario, pues no producen ningún efecto ni en el desarrollo de las plantas ni en sus parámetros de producción [Lahav y Zamet (1982b)], pudiendo producir en algunos casos efectos negativos [Butler (1960)].

Aún así, en nuestras Islas los agricultores suelen adicionar habitualmente de 50 a 100 g de  $\text{FeSO}_4$  al suelo junto con los fertilizantes. Esto contribuye por un lado a que, en algunas ocasiones, no se observe una dependencia clara entre el pH del suelo y la concentración de hierro en la hoja, si bien no se pone en evidencia que la concentración de hierro en la planta afecte al desarrollo delseudotallo, y por otro, a que prácticamente no se observen casos graves de clorosis férrica [Díaz et al. (1976), García et al. (1979)].

En las Islas Canarias, se ha asociado la quemadura marginal necrótica en las hojas más viejas junto con estrías, también negras, desde el margen hacia la vena central con la alta concentración de este elemento en las mismas, dos y tres veces superior a la cantidad del mismo que presentan las hojas sanas. Los síntomas aparecen en mayo, haciéndose más pronunciados en octubre, época en la que algunos retoños muestran también las características de la toxicidad férrica [Ben Meir (1979)]. Esto último puede deberse a la temperatura ambiente, pues según Lahav y Turner (1984) la absorción de hierro por la planta se ve favorecida al elevar la temperatura.

La cantidad de hierro que absorbe una planta sana es de sólo 1 g aproximadamente, y el 80 % de esta cantidad lo absorbe durante la primera mitad de su ciclo de vida Walmsley y Twyford (1976). Este nutriente se acumula en las hojas más viejas [Ndubizu (1983)]. Para unos autores dicho elemento carece de movilidad en el interior de la planta [Bhargava y Reddy (1992)], mientras que para otros es moderadamente redistribuido de las hojas más viejas a las más jóvenes [Vorm y Diest (1982)].

Por otra parte, las cantidades de este nutriente en la hoja oscilan entre límites bastante amplios: entre 90 y 210 ppm en el limbo de la hoja III [García et al. (1979)]; entre 64 y 147 ppm en el limbo de la hoja III y 34 y 154 ppm en el nervio de la misma hoja [Díaz et al 1976)]. Aún así, Lahav y Turner (1992) proponen como valor crítico de este nutriente en la hoja el de 80 ppm.

### ***Interacciones del Hierro con los Otros Nutrientes Fundamentales***

Si bien la concentración de hierro en la hoja parece estar gobernada principalmente por el pH del suelo, existen otros factores que también influyen en sus niveles foliares. Así, Díaz et al. (1976) refieren correlaciones positivas entre el contenido de hierro en la hoja y el potasio de cambio que, según estos autores, son debidas a la propiedad que tiene el potasio de servir de vehículo en la absorción de

---

hierro por la planta. También encuentran correlaciones positivas entre contenido de hierro y el de nitrógeno, zinc y manganeso en la hoja.

Algunas de estas relaciones igualmente han sido observadas en otros cultivos tropicales: la correlación entre el hierro y el nitrógeno también ha sido registrada en la “*strelitzia reginae*” [Fernández Caldas et al. (1974)], mientras que el comportamiento entre hierro y el manganeso ha sido indicado en la piña, [Marchal (1971)].

En cultivo hidropónico el mayor aumento en el contenido de hierro en la hoja es el que produce la carencia de calcio, un 41 %. Las deficiencias de K, Ca-Mg-K, Ca-K, Ca-Mg y Mn producen aumentos similares en la concentración de hierro en la hoja, alrededor de un 20 %, mientras que los valores de hierro en la hoja se ven disminuidos por la carencia en el propio nutriente, un 48 %, seguido de la carencia en magnesio, un 25 %, [Vargas y Solís (1998)].

## MANGANESO

### *El Manganeso en la Nutrición de las Plantas*

El manganeso está presente en los suelos de varias formas, pero sólo es absorbido por las plantas en forma de ión manganoso,  $Mn^{2+}$ . En suelos alcalinos este elemento deja de estar disponible porque se convierte en formas no asimilables por la planta [Pérez Melián (2002)].

En la figura 16 está representada la estabilidad del  $Mn^{2+}$  en función del pH a la concentración utilizada en la solución nutritiva que empleamos en este trabajo.

### Estabilidad del ión $Mn^{2+}$ en función del pH

Peso atómico Mn = 54.94

Estado de oxidación: + 2

Concentración del  $Mn^{2+}$  en solución nutritiva = 0.7 ppm

Concentración molar =  $10^{-4.9}$

Constantes de equilibrio:

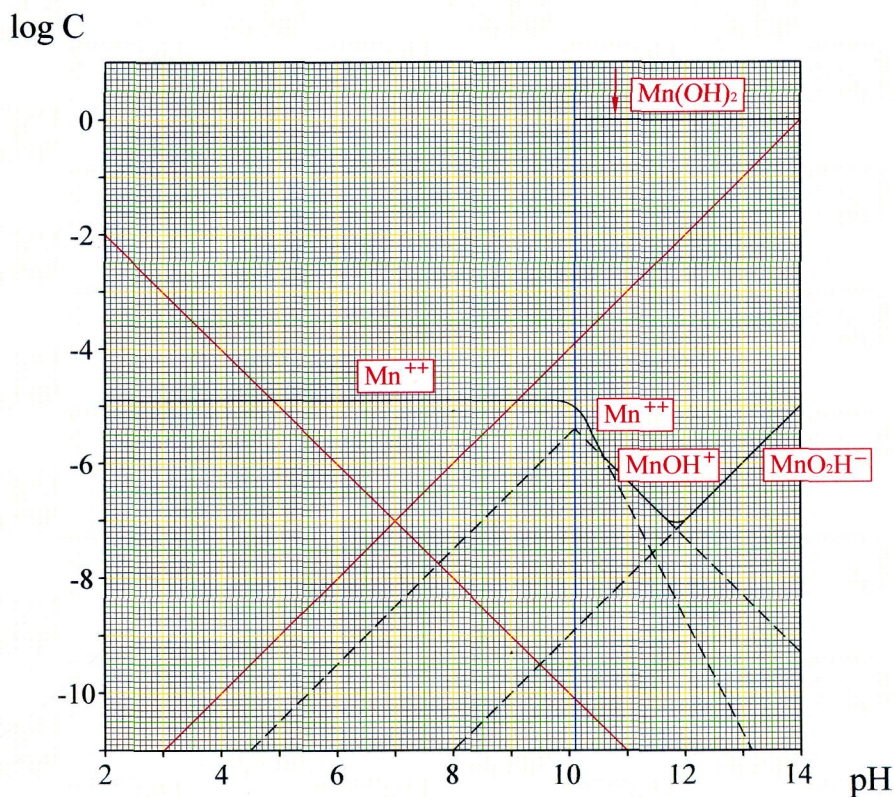
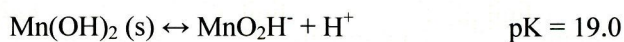
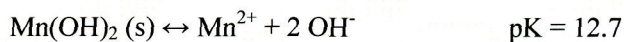
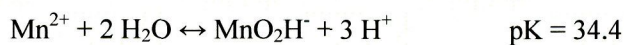


Fig. 16. Diagrama logarítmico del Mn (II) en función del pH.

---

El manganeso activa las enzimas que intervienen en el metabolismo de los carbohidratos, en el ciclo del ácido cítrico y en las reacciones de fosforilación. Interviene activamente en la síntesis de proteínas y clorofila, en la formación de ácido ascórbico y en la fotosíntesis. Sirve como catalizador en los procesos de oxidación y además activa la reducción de nitratos e hidroxilamina a amoníaco. Junto con el cinc y el cobre estimula la utilización del calcio, el fósforo y el magnesio. Tiene función en el desarrollo de los tejidos meristemáticos y en el aceleramiento de la maduración de los frutos [Belalcázar et al. (1991)].

La movilidad del manganeso es compleja y depende de la especie y de la edad de la planta, por lo que sus síntomas de deficiencia, formación de pequeñas manchas necróticas en las hojas, pueden aparecer en las hojas jóvenes y en las viejas [Pérez Melián (2002)].

### ***El Manganeso en la Nutrición del Banano***

Desde el punto de vista cuantitativo y en lo que concierne al banano, el manganeso ocupa el primer lugar entre los micronutrientes.

El manganeso es un elemento no móvil [Bhargava y Reddy (1992)]. Las características de las deficiencias y excesos de este nutriente en el cultivo del banano ha sido descrita por numerosos autores. Así, su carencia ha sido estudiada en cultivo de campo en Jamaica, en suelos alcalinos arcillosos, [Jordine (1961)]; su deficiencia y exceso en cultivo en arena [Charpentier y Martin Prevel (1965)] y su carencia en el plátano en cultivo hidropónico [Vargas y Solís (1998)].

Las características de su deficiencia son la clorosis en forma de “púa de peine” y la presencia del hongo *Deightoniella torulosa*. La clorosis comienza en los márgenes de la segunda o tercera hoja y a veces deja un estrecho borde de color verde en el borde exterior de los mismos. Luego se extiende a lo largo de las arterias principales hacia la nervadura central, quedando las áreas intervenales de color verde, y



ahí la apariencia de “púa de peine”. Posteriormente se forman manchas necróticas irregulares, los bordes de las hojas se vuelven necróticos y se curvan hacia abajo, adquiriendo la figura de “bote”. Eventualmente toda la hoja se torna oscura y muere.

Aunque las plantas deficientes en manganeso producen racimos de tamaño normal, al menos en la primera generación, la fruta está cubierta de costras oscuras que son causadas por infección de *Deightoniella torulosa*, que en las plantas que no sufren deficiencia de manganeso sólo produce moteado de la fruta.

Se puede corregir la deficiencia de manganeso mediante la pulverización o la aplicación al suelo de  $MnSO_4$  [Jordine (1962)]. Se sugiere probar con una proporción anual de 7 a 11 Kg/ha de Mn [Marchal y Martin Prevel (1971), Twyford y Walmsley (1968)].

Cuando se comparan los valores de manganeso en la hoja de plantaciones sanas y con buenos rendimientos, se comprueba que, para cualquier estado de desarrollo de la planta, las mayores concentraciones foliares de este nutriente se corresponden con las explotaciones que se desarrollan sobre suelos más ácidos [Fernández Caldas et al. (1977), García et al. (1977c)]. De hecho, la mayor relación entre el manganeso en la hoja y las características del suelo se obtiene con el pH, lo que es de esperar, dado que la absorción de este micronutriente por la planta aumenta al disminuir la acidez [Díaz et al. (1976)].

Twyford y Walmsley (1968) y Marchal y Martin Prevel (1971) y Castellanos et al. (1985) estudian la absorción y distribución de este elemento en el banano, encontrando que en cualquier estado de su desarrollo los contenidos en los limbos son superiores a los de cualquier otra parte de la planta, de lo que se deduce su eficacia como órgano de diagnóstico para la nutrición en manganeso. En lo que respecta a la hoja, los niveles de manganeso en los nervios son aproximadamente la mitad a los de los correspondientes limbos y están altamente correlacionados, reflejando un comportamiento paralelo de este nutriente en ambas partes de la misma [Díaz et al. (1976)].

---

Una característica muy destacada del comportamiento de este micronutriente en el banano es la gran variación que pueden presentar sus concentraciones en la hoja. En los cultivos de Tenerife oscilan entre 46 y 1125 ppm en los limbos y 26 y 628 ppm en los nervios [Díaz et al. (1976)]; en los cultivos de La Palma se registran valores de 55 ppm sobre suelo alcalino y 4125 ppm sobre suelo ácido [García et al. (1979)]. A pesar de estas concentraciones tan elevadas, no se han observado jamás en los cultivos de nuestras Islas síntomas de toxicidad en manganeso.

En lo que respecta a la relación entre los niveles de manganeso en la hoja y la producción García et al. (1979) no encuentran ninguna relación entre ambas variables, mientras que García et al. (1977c) indican una relación positiva entre la concentración foliar de manganeso y la producción. Este comportamiento es atribuido por Díaz (1975) (citado por García et al. (1977c)), a la acidificación del suelo que se produce en las plantaciones bien atendidas que facilita una mayor absorción de manganeso, pero no al propio nutriente.

El alto grado de tolerancia del banano para este micronutriente también ha sido comprobado por otros autores y en otros lugares de la geografía. Marchal y Martin Prevel (1971) en su estudio sobre plantaciones de la variedad “Gran Enana” de la isla de La Martinica, sobre suelos muy ricos en manganeso, indican que los contenidos de este nutriente en la hoja en la fase de corte llegan a superar los 3000 ppm en plantas normalmente desarrolladas y sin que el rendimiento se vea afectado en forma aparente, lo que confirma asimismo las observaciones Turner (1969) en Australia, quien indica que no hay evidencias de que los altos contenidos en manganeso sean perjudiciales para el desarrollo y producción del banano. A las mismas conclusiones llega Bayona (1988) con las variedades “Valery” y “Gran Enana” en Colombia y Charpentier y Martin Prevel (1965) y Turner y Barkus (1980)] en sus trabajos llevados a cabo en cultivo en arena.

Se cree que el exceso de manganeso es un problema mayor en el mundo que la deficiencia en este nutriente [Lahav y Turner (1992)] y Butler (1960) informa de experimentos realizados en Jamaica en los que 20 kg/ha/año de Mn redujeron la

producción en un 5 %. Un alto contenido en manganeso en la planta puede derivarse de la pulverización de fungicidas o de altas concentraciones de manganeso disponible en el medio de cultivo [Lahav y Turner (1992)].

Marchal y Foure (1983) estudian en Gabón una serie de plantaciones de banano, desarrolladas sobre suelos ricos en manganeso, que presentan anomalías que relacionan con la toxicidad en dicho elemento. Dichas anomalías están caracterizadas por un ennegrecimiento, seguido de desecamiento, de los bordes del limbo, extendiéndose hacia la nervadura central y que se acentúan al aumentar la edad de la hoja. Según estos autores, estos síntomas se deben a una toxicidad debida al manganeso, cuyo contenido en el limbo de la hoja III está cercano al 1.0 % de la materia seca y supera el 1.7 % en la hoja IX. Ello provoca una acumulación de hierro, nitrógeno y fósforo y una disminución de calcio y magnesio en la hoja.

Estos síntomas son muy parecidos a los de carencia en este nutriente, lo que está en consonancia con los trabajos de Marchal y Martin Prevel (1971) que indican que la toxicidad de manganeso provoca características muy parecidas a las de carencia.

Si bien la tolerancia del banano a las altas concentraciones de manganeso en el medio de cultivo es alta, puede suponer un problema en suelos ácidos y pobres en Ca, Mg y Zn disponibles, pues reduce la absorción de estos últimos por la planta. La toxicidad de manganeso observada en el campo podría, por tanto, atribuirse a efectos indirectos de otros elementos más que a la alta concentración de este elemento [Lahav y Turner (1992)].

La alta concentración de manganeso en el campo se puede evitar aplicando cal [Lahav y Turner (1992)].

En lo que respecta a los niveles críticos en la hoja, la bibliografía consultada no indica valores de referencia a excepción del valor de 25 ppm de Mn [Lahav y Turner (1992)], que coincide con el nivel de carencia que refieren Marchal y Martin Prevel (1971).

---

## *Interacciones del Manganeso con los Otros Nutrientes Fundamentales*

Díaz et al. (1976), indican coeficientes de correlación negativos de elevada significación entre las concentraciones de manganeso en los limbos y la de magnesio en los nervios que, según estos autores, es una consecuencia de la relación negativa entre las concentraciones de manganeso en la hoja y las de magnesio cambiante, de una parte, y entre este último y el magnesio en la hoja. La complementariedad de estos dos nutrientes queda también confirmada por los trabajos de Marchal y Martin Prevel (1971), quienes comprueban igualmente que los altos contenidos de manganeso van siempre acompañados de un déficit de magnesio.

Los niveles de potasio en los nervios tienden a aumentar con la concentración de manganeso en ambas partes de la hoja [Díaz et al. (1976), García et al. (1977b)]. Esta tendencia podría ser una causa indirecta del antagonismo K-Mg, si bien también puede deberse a que la acidez de los suelos favorece la absorción de potasio por la planta [García et al. (1977a)], a la vez que la de manganeso. Por otra parte, en cultivo hidropónico, la deficiencia de manganeso aumenta un 40 % el contenido de potasio en la hoja, mientras que la de potasio aumenta un 126 % el nivel de manganeso [Vargas y Solís (1998)].

Las concentraciones de manganeso y nitrógeno en la hoja guardan una relación positiva [Díaz et al. (1976)]. El sinergismo entre ambas nutrientes ha sido registrado también en “*strelitzia reginae*” [Fernández Caldas et al. (1974)]. Sin embargo, en cultivo hidropónico, la deficiencia de nitrógeno aumenta sustancialmente, un 706 %, el contenido de manganeso en la hoja [Vargas y Solís (1998)].

En cultivo en arena el manganeso, en concentraciones diez veces superiores a la normal, reduce la absorción total de calcio, magnesio y cinc en un 28, 29 y 23 %, respectivamente, mientras que la de manganeso se multiplica por siete [Lahav y Turner (1992)].

## ZINC

### *El Zinc en la Nutrición de las Plantas*

El zinc es absorbido por las plantas como ion  $Zn^{2+}$ . Es muy abundante en los suelos pero, como otros metales, a pH altos comienza a no estar disponible [Pérez Melián (2002)].

En la figura 12 está representada la gráfica de la estabilidad de este ion en función del pH a la concentración utilizada en la solución nutritiva que empleamos en este trabajo.

Interviene en la biosíntesis de la auxina ácido 3-indol acético (AIA). Participa en el metabolismo vegetal como activador de varios enzimas y desempeña un papel en la síntesis de proteínas [Bennett (1993), Pérez Melián (2002), Salisbury y Ross (1994)].

Los síntomas de deficiencia de zinc son principalmente reducción del tamaño de las hojas [Pérez Melián (2002)].

### *El Zinc en la Nutrición del Banano*

El zinc es un elemento no móvil [Bhargava y Reddy (1992)], si bien puede ser moderadamente distribuido en el interior de la planta [Vorm y Diest (1982)]. Se acumula principalmente en las partes subterráneas de la misma [Turner y Barkus (1983), Castellanos et al. (1985)] y ayuda a mantener un desarrollo sano de la planta, así como un buen sistema radicular [Srivastava (1964b)].

---

La deficiencia que más se ha registrado de un microelemento es la de zinc. Los graves trastornos de crecimiento provocados por la misma han sido descritos en numerosos lugares de la geografía, relacionándola casi siempre con el pH del suelo.

Así, en Colombia ha sido relacionada con una reacción alcalina del suelo [Cardenoso Barriga (1962)]. En Jamaica la deficiencia se ha registrado en suelos alcalinos con gran contenido en fosfato [Jordine (1962)] y en Costa de Marfil se ha manifestado en suelos que han recibido cantidades abusivas de fertilizantes [Moity (1954)]. A menudo ha sido confundida con la infección por virus [Freiberg (1966)].

En cultivo hidropónico ha sido descrita por Charpentier y Martin Prevel (1965), Marchal y Martin Prevel (1971) y Vargas y Solís (1998).

Al menos en las primeras etapas del desarrollo, la deficiencia de zinc no induce a una disminución del contenido de este elemento en el limbo de la hoja, pero sí produce una reducción de la emisión foliar. Los síntomas de su deficiencia aparecen en las hojas jóvenes que son significativamente más pequeños y lanceoladas. El crecimiento de la planta es desordenado, con follaje irregular. La hoja emergente contiene una alta cantidad de antocianinas en su cara inferior, que a menudo desaparecen a medida que la hoja se despliega. La hoja desplegada presenta bandas alternadas cloróticas, a menudo casi blancas, y verdes. A veces la fruta se tuerce y se torna de color verde claro. Síntomas similares se denominan en Colombia “rajadilla”.

Los síntomas derivados de la carencia de zinc pueden aparecer sin la aparente reducción del crecimiento o de la producción, pero si la deficiencia persiste, las plantas del siguiente ciclo se atrofian [Charpentier y Martin Prevel (1965)]. A veces, la reducción de zinc puede deberse a altas concentraciones de fósforo debido al antagonismo entre ambos nutrientes [Lahav et al. (1978), Marchal y Martin Prevel (1971)].

## Estabilidad del ión $Zn^{2+}$ en función del pH

Peso atómico Zn = 65.37

Estado de oxidación: + 2

Concentración del  $Zn^{2+}$  en solución nutritiva = 0.09 ppm

Concentración molar =  $10^{-5.9}$

Constantes de equilibrio:

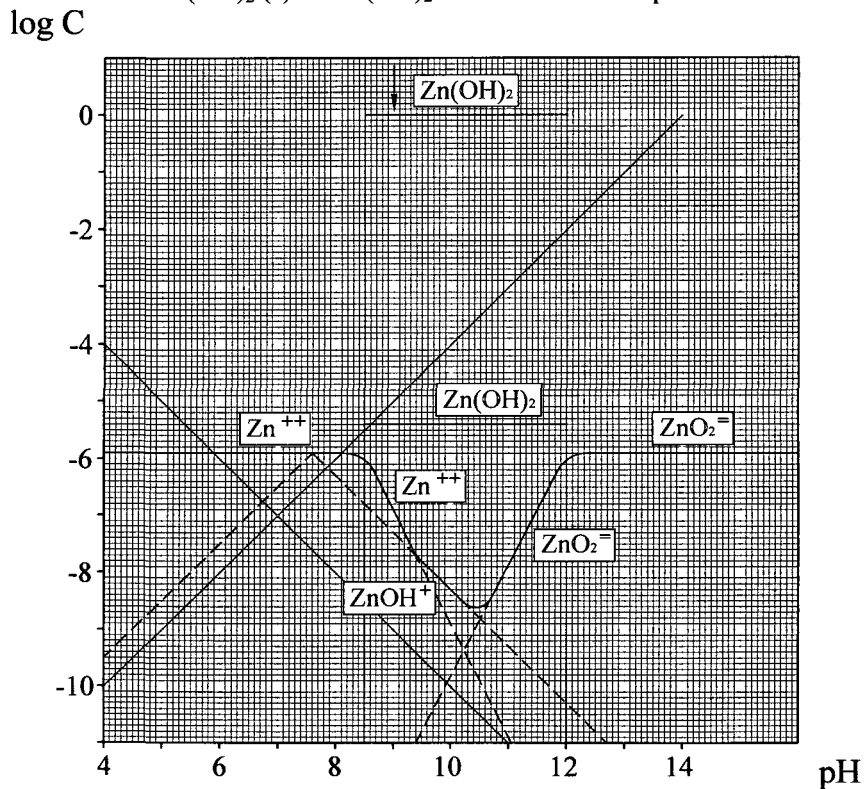
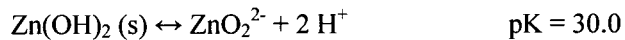
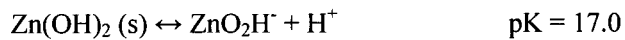
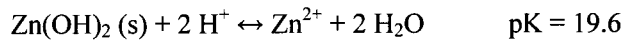
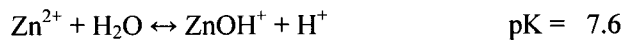


Fig. 12. Diagrama logarítmico del Zn (II) en función del pH.

---

Generalmente, la deficiencia de zinc se produce en suelos que de manera natural presentan un pH alto o en suelos a los que se ha aplicado abundante cal. Los suelos calcáreos son especialmente propensos a padecer deficiencias de zinc ya que los iones de este elemento que se encuentran en el quelato pueden ser reemplazados por iones de calcio. En suelos orgánicos o de turba, la disponibilidad del zinc también puede verse restringida [Lahav y Turner (1992)].

La deficiencia de este micronutriente se puede corregir mediante pulverización con  $ZnSO_4$  al 0.5 % [Cardenoso Barriga (1962), Jordine (1962)], en ocasiones también se emplean quelatos de zinc [Lahav y Turner (1992)]. Las aplicaciones de zinc al suelo corrigen la afección al menos parcialmente, siempre y cuando el pH no sea mayor de 8.15. Por otra parte, no es costumbre fertilizar los suelos de manera regular con este nutriente, sino más bien cuando se detecta su carencia [Lahav y Turner (1992)].

Partiendo del análisis de toda la planta, Twyford y Walmsley (1968) indican que una dosis de 1.2 kg/ha/año de zinc es la adecuada para satisfacer las necesidades de la planta, pero bajo condiciones de deficiencia en este elemento son necesarias dos y tres veces esta cantidad [Lahav y Turner (1992)].

Los contenidos elevados de zinc asimilable ejercen un efecto positivo en la lucha contra el marchitamiento por *Fusarium* causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense*, “Mal de Panamá”, [Álvarez et al (1981)]. Borges Pérez (1983) sugiere que los mecanismos de resistencia del banano al “Mal de Panamá” pueden ser afectados por una baja concentración de zinc en el suelo que estaría asociada, a través de su relación con el AIA, con una producción de tilosas insuficiente. Por otra parte, este mismo autor en un trabajo posterior, [Borges Pérez (1991)], indica que no encuentra diferencias significativas en el desarrollo de la enfermedad entre plantas fertilizadas con Zn y aquellas que no tuvieron este nutriente en su fertilización después de un año de tratamiento, pero dichas diferencias fueron significativas después de dos y tres años de tratamiento.



El rociado foliar con AIA disminuye de manera significativa la severidad e incidencia del “Mal de Panamá”, y se observa una tendencia en cuanto a que el aumento de la resistencia es más pronunciado cuando se suministra zinc en comparación con las condiciones de su deficiencia. Sin embargo, no se detecta que los mecanismos de defensa como la formación de tilosis en las raíces del banano se vean afectados por una nutrición bajo diferentes aportes de zinc. Lo que sí produce la deficiencia en este nutriente es un cambio en la ultraestructura de los cloroplastos y las mitocondrias. Esto puede explicar el hecho de que el marchitamiento por *Fusarium* parece ser más severo bajo condiciones de deficiencia de zinc [Hecht Buchholz et al. (1998)].

Entre los micronutrientes, el zinc sigue al manganeso y al hierro en orden de importancia cuantitativa [Marchal y Martin Prevel (1971), Twyford y Walmsley (1968)]. Su concentración en la hoja oscila dentro de límites reducidos, con un valor medio de 20 ppm, no existiendo grandes diferencias entre limbos y nervios [Díaz et al. (1976), García et al. (1979)].

Entre las propiedades del suelo que pueden influir sobre la concentración de zinc en la hoja figura el pH, ya que la asimilación de este nutriente se ve favorecida al aumentar la acidez del suelo [Fernández Caldas et al (1977)], pero la relación más estrecha es con el magnesio de cambio, el cual ejerce un marcado efecto depresivo en la absorción de zinc por la planta [García et al. (1979), Díaz et al. (1976)]. Esta interacción entre el magnesio de cambio y el zinc también es citada por Moity (1954), quien observa síntomas de deficiencia de zinc en plantas cultivadas en una zona que había recibido aportes de dolomita.

En cuanto a los valores adecuados de este nutriente en el tejido foliar, Wortmann et al. (1994) indican que en el Este de África la producción se ve favorecida cuando la concentración de zinc en la lámina de la hoja III está comprendida entre 9.9 y 21.1 ppm, y proponen como valor crítico el de 18.4 ppm. Esta concentración es similar a la que sugieren Lahav y Turner (1992), 18 ppm, para diferentes variedades de Cavendish cultivadas en las tierras bajas de Australia.

---

## *Interacciones del Zinc con los Otros Nutrientes Fundamentales*

Díaz et al. (1976) indican que las concentraciones de zinc y magnesio en la hoja varían en sentidos opuestos. Este hecho tiene sus fundamentos, de una parte, en la relación negativa que guardan el magnesio de cambio y el zinc en la hoja, y de otra, en la relación positiva entre el magnesio de cambio, y el magnesio en la hoja [García et al. (1977a), García et al. (1979)]. Sin embargo, en hidroponía la carencia de magnesio disminuye el contenido de zinc en la hoja [Vargas y Solís (1998)].

Las concentraciones de zinc y de potasio en la hoja varían paralelamente [García et al. (1977b), Díaz et al. (1976)]. Esta relación podría explicarse, en general, por la fuerte interacción negativa entre el potasio y el magnesio: si el magnesio hace disminuir el zinc en la planta, no es de extrañar que el potasio lo haga aumentar [Díaz et al. (1976)]. Sin embargo, en hidroponía la deficiencia de zinc disminuye el contenido de potasio en la hoja [Vargas y Solís (1998)].

En cuanto a la relación entre el zinc y el fósforo en la hoja, unos autores refieren una relación positiva entre ambos nutrientes [Díaz et al. (1976)], mientras que otros indican que existe antagonismo entre ambos nutrientes [Charpentier y Martin Prevel (1965), Lahav et al. (1978), Marchal y Martin Prevel (1971), Vargas y Solís (1998)].

Díaz et al. (1976) señalan una relación positiva entre el zinc y el nitrógeno en la hoja.

En lo que se refiere a las relaciones que guarda el zinc en la hoja con el resto de los micronutrientes, la bibliografía consultada refiere una relación positiva entre este nutriente y el hierro. La razón de este comportamiento tal vez se encuentre en que los contenidos de ambos micronutrientes en la planta aumentan paralelamente al descender el pH. Algo similar ocurre con el manganeso [Díaz et al. (1976)]. En hidroponía, la carencia de zinc aumenta el contenido de cobre en la hoja y su deficiencia aumenta el nivel de manganeso y aumenta el de boro [Vargas y Solís (1998)].

## COBRE



### *El Cobre en la Nutrición de las Plantas*

El cobre es absorbido por las plantas en forma de cation  $\text{Cu}^{2+}$ . Este micronutriente está presente en casi todos los suelos en pequeñas cantidades, retenido fuertemente en el complejo de intercambio de los mismos pero disponible por las plantas, por lo que su deficiencia no es corriente. Sin embargo, la excesiva fertilización con fosfato puede reducir su disponibilidad por formación de precipitados insolubles [Pérez Melián (2002)].

En la figura 13 está representada la estabilidad del ion  $\text{Cu}^{2+}$  en función del pH a la concentración utilizada en la solución nutritiva que empleamos en este trabajo.

Está involucrado en sistemas enzimáticos y teóricamente no puede ser reemplazado por otro ión metálico. Interviene en la formación de la pared celular y, como otros micronutrientes, en el transporte de electrones y en las reacciones de oxidación reducción [Bennett (1993), Pérez Melián (2002)].

La deficiencia de cobre produce marchitamiento y apariencia oscura de las hojas y causa necrosis en las puntas de las mismas [Pérez Melián (2002)].

### *El Cobre en la Nutrición del Banano*

El banano necesita sólo pequeñas cantidades de cobre. La toma de este micronutriente por la planta representa el 1 % de sus necesidades de Mn [Walmsley y Twyford (1976)]. La planta absorbe el cobre activamente y si el suministro es adecuado, puede translocarlo sin dificultades [Mengen y Kirkby (1982)].

---

La bibliografía consultada sólo relata un caso de deficiencia de este elemento en el campo: el de las “Turberas de Nieky” en costa de Marfil descrito por Moity (1961) y Lassoudiere (1973). Se comprende así que la nutrición cúprica en el banano haya sido muy poco estudiada.

La carencia de cobre se ha registrado en cultivo hidropónico [Charpentier y Martin Prevel (1965)]. Los síntomas de su carencia se manifiestan en todas las hojas. Son similares a los originados por la carencia de nitrógeno, en la que se observa una palidez uniforme en todas las hojas. Los pecíolos no son de color rosa, pero la nervadura central se dobla dándole a la planta la apariencia de paraguas. Las plantas que padecen carencia de cobre son más sensibles al ataque de hongos y virus [Moity (1961)].

Es preferible corregir la deficiencia de cobre mediante pulverización foliar con 0.5 % de  $\text{CuSO}_4$  neutralizado [Lahav y Turner (1992)]. Twyford y Walmsley (1974a) sugieren una proporción anual de 1 kg/ha de  $\text{CuSO}_4$  aplicado al suelo.

En la India, la aplicación de 4 ppm de Cu a plantas cultivadas en arena incrementó el crecimiento de los chupones [Lahav y Turner (1992)].

Si se pulveriza caldo bordelés con regularidad sobre las plantas para el control de la Sigatoka (*Mycosphaerella musicola*), el cobre acumulado en el suelo tras 15 o 20 años inhibe el crecimiento de las raíces. El arado profundo y la aplicación de cal pueden hacer que se supere el problema [Stover (1972)].

La concentración de cobre en ambas partes de la hoja, limbos y nervios, son muy bajas. En nuestras Islas se observa que en los cultivos de La Palma varía entre 17 y 20 ppm en el limbo y, en términos generales, las concentraciones más elevadas en la hoja se corresponden con las explotaciones sobre suelos más ácidos [García et al. (1979)]. En Tenerife varía entre 10.7 y 16.7 ppm en el limbo y 6 y 12 ppm en el nervio [Díaz et al. (1976)]. En general, los contenidos de este elemento en la hoja no parecen afectar al desarrollo del seudotallo [García et al. (1979)].

### Estabilidad del ión $\text{Cu}^{2+}$ en función del pH

Peso atómico Cu = 63.54

Estado de oxidación: + 2

Concentración del  $\text{Cu}^{2+}$  en solución nutritiva = 0.02 ppm

Concentración molar =  $10^{-6.5}$

Constantes de equilibrio:

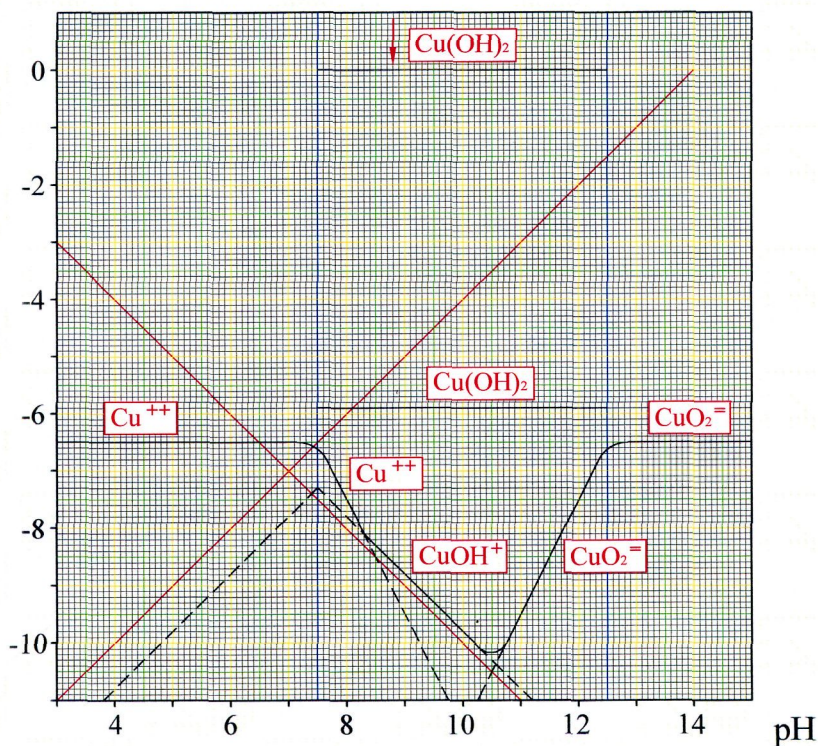
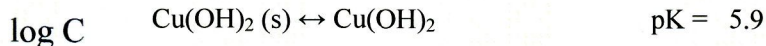
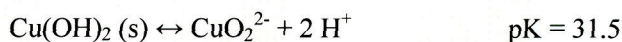
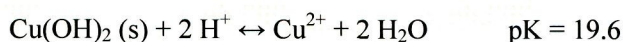


Fig. 13. Diagrama logarítmico del Cu (II) en función del pH.

---

Dadas las bajas concentraciones de este nutriente en ambas partes de la hoja, el análisis foliar resulta poco eficaz para el control de la nutrición cúprica. Esto está de acuerdo con los trabajos de Marchal y Martin Prevel (1971), aunque estos autores sugieren que los órganos conductores deben ser más ricos y por tanto, más sensibles. Sin embargo, Diaz et al. (1976) obtienen valores aún más bajos en las determinaciones realizadas en los nervios. Aún así, Lahav y Turner (1992) proponen como nivel crítico el de 9 ppm de cobre en la lámina de la hoja III.

En la planta del banano y el plátano, las mayores cantidades de cobre se encuentran en las raíces [Turner y Barkus (1983)] y el tallo verdadero [Castellanos et al. (1985)]. Este elemento ayuda a optimizar el desarrollo de las partes subterráneas de la planta y características del sistema radicular [Srivastava (1964c)].

En cuanto a la movilidad de este micronutriente en el interior de la planta, unos autores indican que es un elemento no móvil [Bhargava y Reddy (1992)], mientras que otros apuntan que es fuertemente redistribuido de las hojas más viejas a las más jóvenes [Vorm y Diest (1982)].

## **MOLIBDENO**

### *El Molibdeno en la Nutrición de las Plantas*

El molibdeno está presente en pequeñas cantidades en muchos suelos, sin embargo a pesar de su bajo requerimiento por las plantas su deficiencia aparece bastante extendida en muchas plantas. Al contrario de la mayor parte de los otros metales puede ser absorbido por la planta en suelos de pH alto [Pérez Melián (2002)]. La forma utilizable por la planta es como ion molibdato.

Se conocen pocas constantes termodinámicas del Mo (VI) en función del pH, por lo que no es factible dibujar un diagrama logC - pH completo que pueda ser

indicativo del comportamiento ácido-base del mismo.

El equilibrio predominante de esta especie es:



el cual, a la concentración que dosificamos el  $\text{MoO}_4^{2-}$  en la solución nutritiva de este trabajo,  $10^{-6.4}$  m/L, nos indica que dicho anión tiene existencia en disolución a valores de pH mayores que 2.8.

El papel más importante del molibdeno está en la reducción del nitrato y en la fijación del nitrógeno, pero evidentemente también tiene otras funciones porque muchas plantas necesitan de este micronutriente aún creciendo en presencia de fertilizantes con amonio [Pérez Melián (2002)].

Los síntomas de deficiencia en molibdeno son moteado y marchitamiento marginal de las hojas [Pérez Melián (2002)].

### *El Molibdeno en la Nutrición del Banano*

En lo que al banano se refiere, no se han registrado síntomas asociados a la carencia de molibdeno ni en plantas cultivadas en arena ni en el campo. Srivastava (1964a), en la India y en cultivo en arena, indica que la proporción de 4 ppm de molibdeno mejora el desarrollo de las partes subterráneas de la planta, si bien no describe ningún síntoma de deficiencia en este elemento.

---

## **BORO**

### *El Boro en la Nutrición de las Plantas*

Este elemento es absorbido por las plantas como anión  $\text{BO}_2^-$ . El boro está presente en pequeñas cantidades en la mayor parte de los suelos, si bien su disponibilidad es normalmente baja debido a que está fuertemente complejado en la estructura del suelo. Esta disponibilidad se hace sensiblemente menor en suelos ricos en calcio y tiende a disminuir en suelos calizos, suponiéndose que es el calcio el causante de la complejación o precipitación del boro o que reduce la capacidad de absorción del mismo por las raíces [Pérez Melián (2002)]

La estabilidad del ion  $\text{BO}_2^-$  en función del pH a la concentración utilizada en la solución nutritiva que empleamos en este trabajo está representada en la figura 14.

El boro está involucrado en el transporte de azúcares a través de las membranas celulares y en la síntesis de la pared celular [Pérez Melián (2002), Vargas (1998)]. Tiene influencia en la transpiración por medio del control de la formación de almidón y azúcar y participa en el desarrollo y en la elongación celular [Bennett (1993)]. Juega un papel importante en la formación de aminoácidos y síntesis de proteínas [Pérez Melián (2002)]. También está involucrado en la utilización del calcio, existiendo aparentemente una estrecha relación de correspondencia entre estos dos nutrientes [Belalcázar et al (1991)].

Por su acción sobre el desarrollo celular, la formación de azúcares y almidón y su traslocación, una deficiencia de boro retrasa el crecimiento y desarrollo de las plantas [Pérez Melián (2002)].



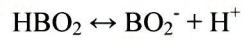
### Estabilidad del ión $\text{BO}_2^-$ en función del pH

Peso atómico B = 10.81

Concentración del  $\text{BO}_2^-$  en solución nutritiva = 0.5 ppm

Concentración molar =  $10^{-4.3}$

Constante de equilibrio:



pK = 9.36

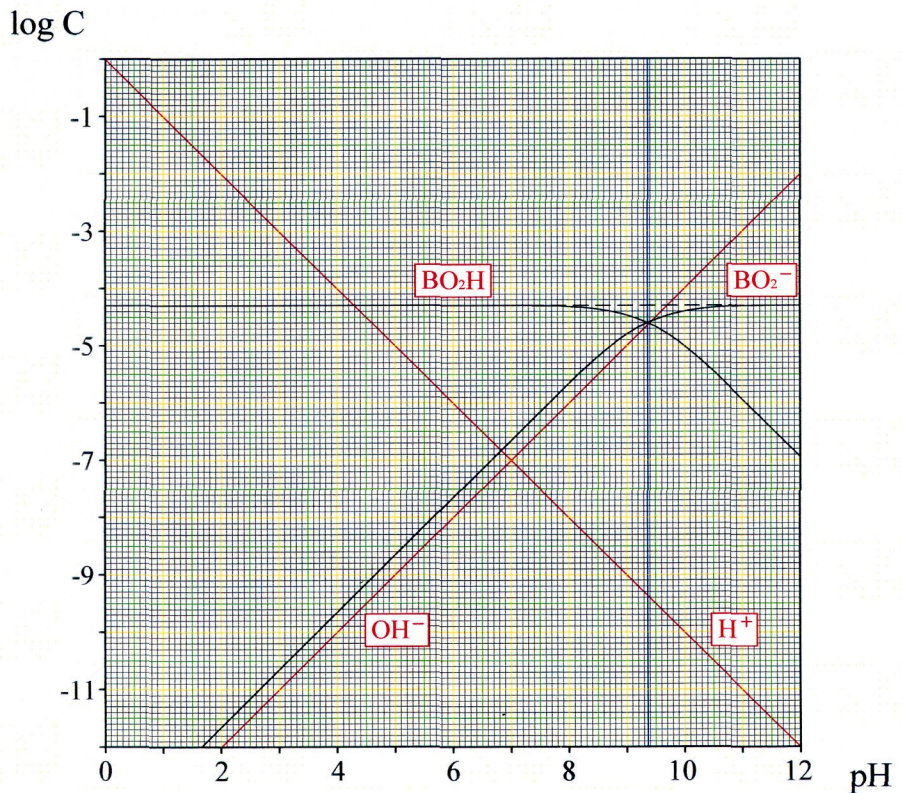


Fig. 14. Diagrama logarítmico del sistema  $\text{HBO}_2 / \text{BO}_2^-$  en función del pH.

---

## *El Boro en la Nutrición del Banano*

El boro es un elemento inmóvil por lo que su deficiencia se expresa en las hojas más jóvenes, incluso en el cogollo [Echevarri (1989)]. Conforme avanza la deficiencia se producen deformaciones morfológicas en las hojas jóvenes [Charpentier (1966)] y una deficiencia prolongada da como resultado la muerte de la planta [Norton (1965)]

El requerimiento de boro de las monocotiledóneas como el banano y el plátano es de tres a cuatro veces menor que aquel que presentan las dicotiledóneas [Bennett (1993)], no obstante, el hecho de tener un solo meristemo terminal hace a las primeras especialmente vulnerable a su carencia [Patiño et al. (1974)].

Los síntomas asociados a la deficiencia de boro en el campo se han registrado en Ecuador [Tollenaar (1966)], en cultivo en arena [Charpentier y Martin Prevel (1965), Coke y Boland (1971), Norton (1965)] y en cultivo hidropónico [Vargas y Solís ((1998)]. Dichos síntomas se manifiestan en la reducción del área de la hoja, enrollamiento y deformación de la lámina, siendo el síntoma más característico el de la formación de franjas blanquecinas perpendiculares a las venas. Las nuevas hojas pueden presentar la lámina incompleta, similar a lo que ocurre en la deficiencia de azufre y calcio. También se ha registrado el engrosamiento de la nervadura secundaria.

Se ha propuesto la aplicación de 12 Kg/ha de bórax como cantidad necesaria para superar las deficiencias [Twyford y Walmsley (1968)].

Los síntomas de exceso de boro son palidez marginal y necrosis [Lahav y Turner (1992)] y las dosis altas del mismo en la fertilización (19.43 Kg/ha) causan una disminución del crecimiento y la producción del plátano (*Musa* AAB) [Caro (1991)].

Uno de los principales efectos positivos de la fertilización con boro es que ayuda a un mayor desarrollo de las partes subterráneas de las plantas y algunas características del sistema radicular [Srivastava (1964a)]. Sin embargo, otros autores consideran que este micronutriente no tiene efectos ni sobre el desarrollo ni sobre la producción, pudiendo incluso ser perjudicial para el banano [Butler (1960)].

La proporción de toma de boro por las plantas es constante durante todo el ciclo de vida, desde los chupones hasta la cosecha, siendo de aproximadamente 40 mg/planta/mes. En la planta del banano el boro absorbido tras la floración se emplea totalmente en el crecimiento de la fruta [Walmsley y Twyford (1976)].

Coke y Boland (1971) estudiaron los efectos de 0-10 ppm de B en la disolución sobre el crecimiento del banano “Valery” y recomendaron que la concentración de boro en el suelo no fueran ni menores que 0.1 ppm de B ni mayores a 1.0 ppm.

Las plantas de banano deficientes en este micronutriente tienen una concentración de boro en la lámina de la hoja III menor que 2 ppm, mientras que el exceso representa una concentración mayor que 850 ppm en esta misma parte de la hoja [Lahav y Turner (1992)].

Wortmann et al (1994) encuentran que en el Este de África la producción se ve favorecida cuando la concentración de boro en la lámina de la hoja III está comprendida entre 8.1 y 1.0 ppm. Por otra parte, la producción tiende a incrementarse cuando la concentración es mayor que 10.0 ppm, entre 10.0 y 12.8 ppm. Proponen como nivel crítico el de 10.0 ppm de boro. Este nivel es similar al que proponen Lahav y Turner (1992), 11 ppm, para las tierras bajas de Australia.

---

## *Interacciones del Boro con los Otros Nutrientes Fundamentales*

Existen pocas referencias en la bibliografía que tratan sobre la influencia que ejerce los distintos niveles de boro en la fertilización en el contenido del resto de los nutrientes en la planta.

Vargas y Solís (1998) en un trabajo en cultivo hidropónico indican que la deficiencia de boro disminuye el contenido de manganeso y de potasio y aumentan el de magnesio en la hoja III en cantidades que representan, respectivamente, un 72 %, 33 % y un 59 % en comparación con el cultivo testigo. Su carencia disminuye el contenido de cinc y aumenta el de calcio un 9 % y un 13 %, respectivamente.

## **SODIO Y CLORO**

### *El Sodio y el Cloro en la Nutrición de las Plantas*

Estos elementos son absorbidos por las plantas en forma de iones elementales, estado en el que se encuentran en el suelo.

### *El Sodio y el Cloro en la Nutrición del Banano*

El banano tiene una resistencia relativamente moderada a la salinidad. En general, cuando el suelo contiene entre 100 y 150 ppm de sales solubles, el crecimiento del banano es satisfactorio, de 500 a 1000 ppm la planta y la fruta están visiblemente afectados, y por encima de 1000 ppm el cultivo se atrofia o muere. Los suelos salinos producen clorosis marginal que deriva en necrosis, crecimiento atrofiado y fruta fina y

deformada. La lixiviación con agua de buena calidad puede reducir los problemas con las sales [Lahav y Turner (1992)].

Veerannah et al. (1974) analizaron 70 variedades de banano para averiguar su tolerancia a la sal. En soluciones de hasta 0.25 M de NaCl, los tejidos de la nervadura central no se vieron afectados; por encima de esta concentración, las reacciones fueron muy variadas, situándose el límite tóxico para la práctica totalidad de las variedades en 0.75 mol/L de NaCl.

El banano es más sensible al sodio que al cloro. En algunos lugares de Israel, las plantas se riegan con agua que contiene hasta 500 y 600 ppm de ion cloruro, si bien este el límite superior de salinidad para este cultivo. Por encima de dicha concentración el crecimiento de los chupones se reduce y la fruta no se rellena [Israeli y Nameri (1982)].

La toxicidad por sodio se caracteriza por la clorosis marginal de las hojas más antiguas de la planta. Estas áreas se necrotizan hasta que cerca de un tercio de la planta se ve afectada. En estas condiciones, la concentración de sodio en las raíces es tres veces mayor que la cantidad normal, que es 0.5 % [Israeli et al. (1986)]. Por otra parte, bajo carencia aguda de potasio, la concentración de sodio en los tejidos conductores puede aumentar hasta un 1 % [Lahav (1974)].

También en nuestras Islas se observa como los altos niveles de sodio reducen la absorción de potasio por parte de la planta, lo que se traduce en una disminución de la circunferencia del seudotallo y, por lo tanto, de la producción [García et al. (1976)]. Según Lahav y Turner (1992), la variación de la circunferencia del seudotallo observada en Canarias guarda una mejor relación cuando en la ecuación de regresión se incluye no sólo la relación K/Na, sino que también el contenido en materia orgánica del mismo y la proporción  $K/(Ca+Mg+Na+K)$ . Es decir, dado que el agua de riego aporta sodio y magnesio al suelo, es posible que el potasio se encuentre menos disponible, a pesar de la riqueza en potasio de estos suelos [Fernández Caldas et al. (1970)].

## OBJETIVOS DEL TRABAJO

A modo de introducción, hemos tratado de dar un reflejo del pasado, presente y perspectivas de futuro de un sector de tanta importancia económica y social como es el del cultivo del plátano en Canarias.

Ello nos obliga a examinar aquellos aspectos del cultivo que lleven a mejorar la calidad y rentabilidad del mismo y, por tanto, de su competitividad.

Para ello hemos realizado una amplia revisión bibliográfica, tratando de abarcar todo aquello que contribuye a la comprensión del comportamiento de este cultivo y a explicar aquellas situaciones de máximo desarrollo.

Entendemos que las mejoras que se puedan lograr en la faceta productiva del cultivo de la platanera, han de venir necesariamente a través de los trabajos científicos encaminados a conocer las exigencias nutritivas de dicho cultivo en las condiciones habituales de nuestras Islas.

Bajo estos requisitos, queremos establecer los valores normales de nutrientes en hojas para que, de su correspondiente determinación analítica, podamos conocer las deficiencias o excesos en la fertilización de las plantas.

Esto nos va a permitir también determinar la situación de carencia de cada uno de los elementos en estudio, no sólo por sus concentraciones en la hoja, sino que también por la influencia que puede tener esta situación con el resto de nutrientes presentes en el tejido foliar, además de poder establecer síntomas visuales de diagnóstico de carencias, que son fundamentales para el conocimiento de estas deficiencias por parte de técnicos y agricultores.

---

Las variables que elegimos como prioritarias en nuestro estudio son el nitrógeno, fósforo y potasio ya que, en general, son los primeros en ser deficitarios en el suelo, debido a que generalmente son utilizados por las plantas en cantidades relativamente grandes. La carencia del resto de los nutrientes ocurre con menos frecuencia, ya que las plantas los requieren en menor cantidad y son relativamente abundantes en el suelo.



## MATERIAL Y MÉTODOS





Como ya hemos indicado, en este trabajo se pretende observar el efecto que ejerce la carencia de nitrógeno, fósforo y potasio en el contenido de nutrientes en las hojas y desarrollo del cultivo en comparación con un cultivo testigo. Esto nos va a permitir determinar la situación de carencia de cada uno de los elementos en estudio, no sólo por las cantidades de los mismos en la hoja, sino que también por la influencia que puede tener esta situación con el resto de nutrientes presentes en el tejido foliar, además de poder establecer síntomas visuales de diagnóstico de carencias, que son fundamentales para el conocimiento de estas deficiencias por parte de técnicos y agricultores.

La experiencia se desarrolló en un invernadero especialmente diseñado para investigación con técnicas hidropónicas, debido a las siguientes razones fundamentales.

Un invernadero con suficientes controles ambientales representa la herramienta idónea para la investigación científica en agricultura.

Si además posee sistema hidropónico, toda la variación debida a los factores edáficos puede ser eliminada, con lo que se tiene la seguridad de que la planta

---

se nutre exclusivamente a partir de las cantidades, conocidas, de macronutrientes y micronutrientes que aporta la solución de riego.

Por tanto, si se parte de la premisa de que se pueden controlar en cierta medida los principales factores climáticos, utilizando la técnica hidropónica es posible controlar el efecto que tiene sobre el cultivo la dosificación de nutrientes empleada en la solución nutritiva.

A continuación damos unas breves indicaciones de los sistemas y métodos que se emplean en hidroponía para luego exponer la parte experimental de este trabajo.

## HIDROPOPONÍA

El término *cultivos sin tierra* o *hidroponía* se ha utilizado para designar todos los métodos y sistemas de cultivar plantas sin tierra. Una definición mas exacta de estos métodos es la siguiente: “cultivo de plantas no acuáticas con sus raíces situadas en un medio inerte y alimentadas por una solución nutritiva oxigenada” [Pérez Melián (2002), Steiner (1968)].

El término *hidroponía* deriva de los vocablos griegos *hidro*, que significa agua, y *ponos*, equivalente a trabajo o actividad. Literalmente se traduce como “trabajo del agua” o “actividad del agua”, por lo que es mucho más correcto utilizar el nombre de *hidroponía* para designar a estos métodos de cultivo que el calificativo de *cultivo sin tierra* [Pérez Melián (2002)].

El método original data de 1666 y se debe al científico irlandés Robert Boyle. Posteriormente este método de cultivo estuvo olvidado durante casi 200 años, y a partir de 1850 empezó a ser utilizado por algunos investigadores para llegar a un mejor entendimiento de la nutrición de las plantas. El primer cultivo hidropónico comercial fue desarrollado por Gericke en el año 1929 en Estados Unidos [Pérez Melián (2002), Steiner (1968)].

En nuestras Islas la “hidroponía” ofrece algunos alicientes frente a los cultivos tradicionales que deben ser valorados. En primer lugar, el uso racional del agua nos permitirá utilizar aguas procedentes de desalinizadoras y depuradoras; en segundo lugar, podremos recuperar terrenos idóneos para cultivo por su ubicación en zonas climáticas adecuadas, muchos de ellos ya no aptos por su salinidad, fruto de una fertilización inadecuada y del uso de aguas de mala calidad [Pérez Melián (2002)].

---

La hidroponía, si bien es considerada como un sistema de producción agrícola, tiene también gran importancia como medio para la investigación científica. Bajo condiciones de campo, los factores edáficos pueden ocultar o distorsionar los efectos de otras variables, como pueden ser factores climáticos o nutricionales. Con un sistema hidropónico, toda variación debida al suelo puede ser eliminada, y entonces las variaciones en el rendimiento serán debidas a las variables, conocidas, que la propia investigación requiera.

## CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS Y MÉTODOS DEL CULTIVO HIDROPÓNICO

Si queremos reemplazar la tierra natural por un medio inerte para las raíces, tendremos que proporcionarle a la planta aquellos aspectos que realiza el suelo; esto es, tenemos que lograr:

- Suministro a las raíces de agua, oxígeno y nutrientes.
- Descomposición de las secreciones de las raíces muertas por bacterias saprofitas aeróbicas.
- Dispersión del dióxido de carbono producido en la respiración de las raíces y de las bacterias.
- Temperatura adecuada.
- Soporte para mantener la planta.

Los métodos de cultivo utilizados en hidroponía se pueden agrupar en los siguientes apartados [Pérez Melián (2002)]:

### *Cultivo en agua*

No existe sustrato, la planta se soporta a través de su parte aérea.

Las raíces de las plantas permanecen, de manera continua o discontinua, sumergidas en la solución nutritiva.

### ***Aeroponía***

Al igual que el cultivo en agua, no existe propiamente sustrato y la planta se soporta a través de su parte aérea.

Las raíces de las plantas permanecen, de manera continua o discontinua, en un medio saturado con finas gotas de solución nutritiva.

### ***Cultivo en arena***

Las raíces de las plantas crecen en un sustrato sólido inerte, poroso o no poroso, con diámetro menor de 3 mm.

El suministro de la solución nutritiva es continuo o discontinuo, a través de tubos perforados situados dentro del sustrato o desde la superficie por goteo o aspersión.

### ***Cultivo en grava***

Las raíces de las plantas crecen en un sustrato sólido inerte, poroso o no poroso, con diámetro superior a 3 mm.

El suministro de la solución nutritiva es continuo o discontinuo por subirrigación, recuperándose la solución para usarla de nuevo.

### ***Otros métodos (cultivos sin tierra)***

Actualmente existen otras técnicas de cultivo muy semejantes a la hidroponía que toman su nombre del sustrato utilizado, no totalmente inerte.

El suministro de la solución nutritiva es continuo o discontinuo en la superficie del sustrato por goteo o aspersión, no recuperándose la solución nutritiva para usarla de nuevo, como por ejemplo el cultivo en rookwool o en vermiculita.

---

## SOLUCIÓN NUTRITIVA

Por definición, una solución nutritiva, es una solución acuosa que contiene oxígeno disuelto y todas las sales nutrientes totalmente disociadas. Cualitativamente, debe contener todos los iones necesarios para el desarrollo de la planta. Cuantitativamente, estos iones deben estar en cantidades tales, que su relación y su concentración total sea la más adecuada para la perfecta nutrición de un determinado cultivo.

No cabe duda que la existencia de estos iones en disolución está regida por factores químicos de precipitación y pH que pueden limitar su existencia en disolución y por tanto su concentración; además de los límites de fisiológicos de máxima y mínima concentración, necesarios para la alimentación de una planta.

Estos factores químicos y fisiológicos, a un determinado pH considerado como óptimo para una serie grande de cultivos se muestran en los diagramas triangulares de aniones y cationes (figura 15). En estos diagramas **P** corresponde a los límites químicos obtenidos como consecuencia de la aplicación de las leyes del producto de solubilidad, y **F** corresponde a los límites fisiológicos de concentración, todos expresados en porcentajes de equivalentes [Steiner (1969)].

Estos límites acotan una zona de concentración relativa, en cuyo interior debe estar la composición de una determinada solución nutritiva.

Las necesidades nutricionales de todas las plantas no son exactamente las mismas. La dosificación de una solución nutritiva para un determinado cultivo debe efectuarse fijando tres factores fundamentales que, de acuerdo con las características propias del mismo definirán su solución nutritiva correspondiente. Dichos factores son los siguientes [Steiner (1961)]:

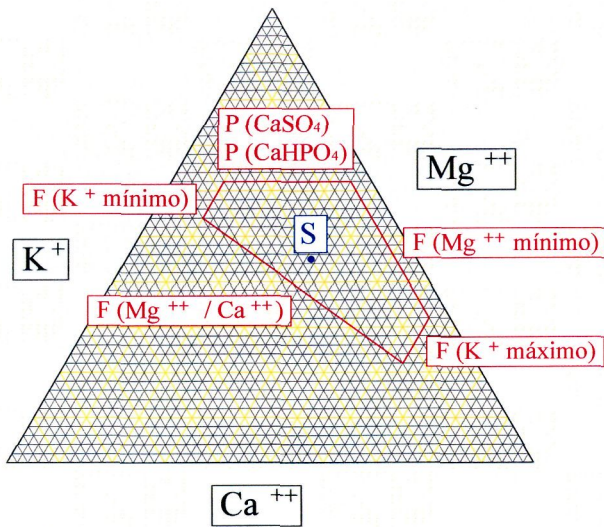


Diagrama triangular de cationes

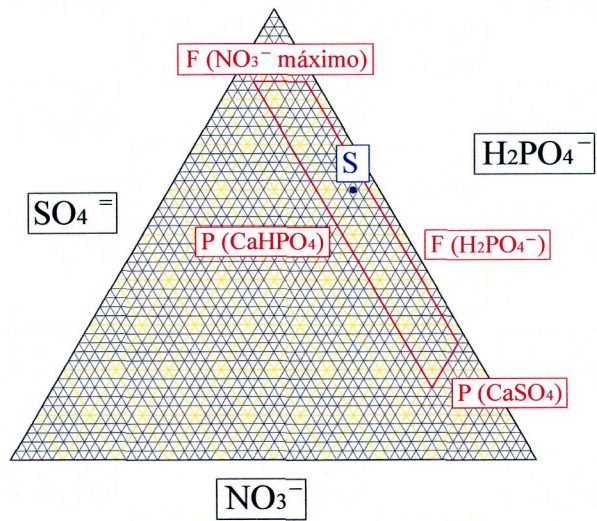


Diagrama triangular de aniones

Fig. 15. Diagramas triangulares. S: disolución universal de Steiner

- a) Relación entre los diferentes iones adecuada para su desarrollo, fijada mediante la selección de un punto en cada diagrama triangular de aniones y cationes.
- b) Concentración total de la solución nutritiva, expresada en función de la presión osmótica, en atm o mmol-ion/L.
- c) pH de la disolución

Una solución nutritiva utilizada con éxito para numerosos cultivos en hidroponía es la disolución universal de Steiner. Dicha disolución es la representada con S (fig. 15) en el diagrama triangular de aniones y en el de cationes, y su composición es la siguiente [Steiner 1969)].

<i>Aniones (% eq)</i>			<i>Cationes (% eq)</i>		
$\text{NO}_3^-$	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$
60	5	35	35	45	20

Tabla 15. Relaciones entre iones en la disolución universal [Steiner (1969)]

Esta disolución debe completarse con los microelementos fundamentales, que según la bibliografía existente, [Hewitt (1966)], deben estar presentes en la siguiente concentración:

<i>Microelementos (ppm)</i>					
Fe	Mn	B	Zn	Cu	Mo
2	0.7	0.5	0.09	0.02	0.04

Tabla 16. Concentraciones de micronutrientes en las soluciones nutritivas

Para la preparación práctica de la solución nutritiva, debemos de disponer del análisis agua con la que se realiza la misma para que, de acuerdo con el



este, aportar cuantitativamente las cantidades de fertilizantes necesarias para satisfacer las condiciones iniciales propuestas; es decir, la relación entre los diferentes iones nutrientes que hemos fijado y la concentración total de la solución nutritiva.

La adición de microelementos se efectúa a base de sales inorgánicas o como quelato en el caso del hierro.

Una vez preparada la solución, el tercer factor a ajustar es el pH. Si es necesario hacer alguna corrección del mismo se hace a partir de pequeñas cantidades de ácido nítrico o hidróxido sódico, hasta obtener el valor que hemos fijado para la solución.

## DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

### INSTALACIÓN HIDROPÓNICA

#### *INVERNADERO*

La instalación hidropónica se encuentra en el interior de un invernadero cuya superficie total es de 743.82 m<sup>2</sup> (32.20 x 23.10). Su estructura es metálica y su cubierta es de cristal. Tiene seis ventanas de ventilación situadas a todo lo ancho del mismo; dos en lo alto de cada cumbrera y dos en los laterales. Estas ventanas se abren o cierran mediante seis motores controlados manual o automáticamente mediante un termostato.

La superficie total del invernadero está dividida en tres zonas de experiencias:

- a) experiencias en diseño de cuadrado latino (4x4)
- b) experiencias en diseño múltiple o factorial
- c) experiencias en macetas

En el presente trabajo se utilizó la zona del invernadero reservada para experiencias en cuadrado latino por lo que en adelante nos ceñiremos sólo a aquellos aspectos que conciernen a la misma.

#### *CAMAS HIDROPÓNICAS*

Todas las camas o cubetas para los ensayos de hidroponía situadas en el interior del invernadero, están construidas de hormigón armado, con paredes y fondo de

---

10 cm de espesor, tienen una pendiente del 2 % en su dirección transversal, una profundidad de 30 cm y están impermeabilizadas con una resina asfáltica.

Aproximadamente la mitad de la superficie total del invernadero está ocupado por las 26 camas que conforman el diseño en cuadrado latino, 16 de 6.20 m<sup>2</sup> (6.20 x 1.00), que constituyen el diseño en sí y 10 que lo bordean, 8 de 6,20 m<sup>2</sup> (6.20 x 1.00) y 2 de 9.50 m<sup>2</sup> (9.50 x 1.00). Para la identificación estas camas se les ha asignado las letras A, B, C y D a las del cuadrado latino y M a las del borde. Por tanto existen 4 camas A, 4 camas B, 4 camas C, 4 camas D y 10 camas M (numeradas del 1 al 10), figura 0.

Cada grupo de camas posee un estanque designados con las letras A, B, C, D y M. Los estanques A, B, C y D son iguales y el volumen de cada uno es de 8.06 m<sup>3</sup> (4.00 x 1.20 x 1.68), el estanque M es de 25.54 m<sup>3</sup> (4.00 x 3.80 x 1.68). De los estanques y mediante una conducción de PVC y una bomba, se impulsa la solución nutritiva a las camas y por otra conducción semejante y por gravedad regresa la solución nutriente a los mismos.

### ***SISTEMA DE RIEGO***

El riego de las plantas en la instalación hidropónica es por subirrigación, pero con una modificación del sistema tradicional.

La solución nutritiva, impulsada por la bomba, después de una pequeña caída libre, que le permite saturarse de oxígeno, entra en la cama mediante un tubo perforado de PVC, adosado a la pared interior de la cama longitudinalmente, fig. 16.

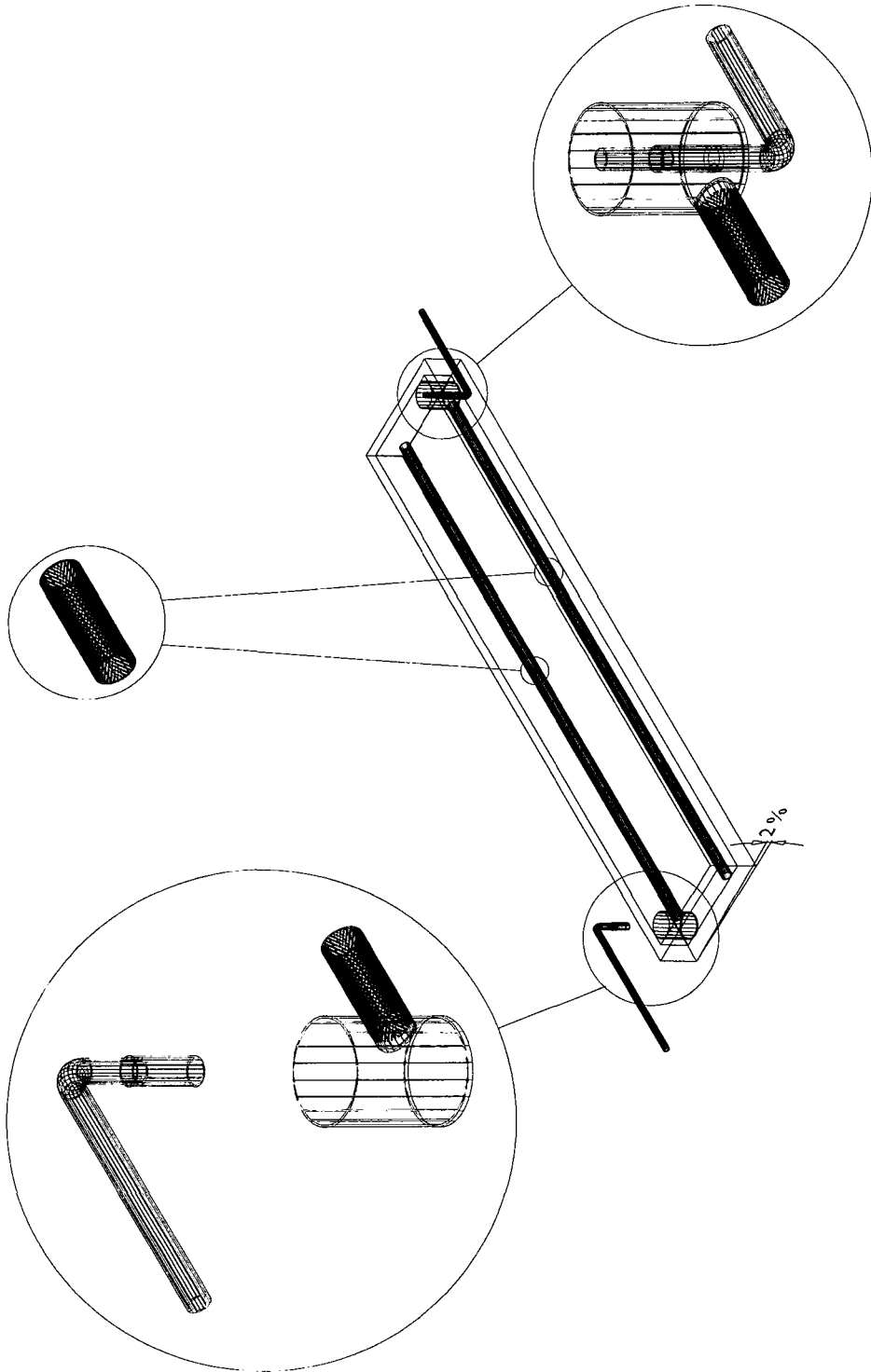


Fig. 16. Detalles del sistema de riego

---

La solución nutritiva sale por las perforaciones, atraviesa la cama y se dirige hacia otro tubo perforado de PVC, colocado paralelamente en la otra pared interior de la misma. Este tubo recibe a la solución nutritiva y la dirige por gravedad hacia su estanque madre después de pasar por un tubo de drenaje.

Este sistema nos permite que las raíces de las plantas se bañen con solución nutritiva siempre fresca, suficientemente oxigenada y de la misma concentración.

Para que el sistema sea automático, el tubo de drenaje tiene un orificio pequeño por donde percola la solución y un tubo de desbordamiento que regula la altura total del riego dentro de la cama.

Las bombas que impulsan a las soluciones nutritivas a las diferentes camas son las siguientes: 4 moto-bombas de 1.0 HP y 14.000 L/h para los estanque A, B, C y D; 1 bomba de 3 HP y 30.000 L/h para el estanque M

## CULTIVO

El cultivo lo constituye 32 plantas jóvenes, dos por cama, de banano (*Musa Cavendish*, cv. *Williams Hibrid*), procedentes de cultivo de meristemo. La elección de la muestra fue fundamental, ya que de esta manera garantizábamos la variedad, la semejanza entre las mismas y sobre todo la sanidad de las plantas.

Las plantas procedentes de cultivo *in vitro* se plantaron en una cama hidropónica pequeña hasta que las mismas alcanzaron una altura comprendida entre 8 y 10 cm. El sustrato utilizado fue picón fino, 1.5 – 3.0 mm de diámetro, y la solución de riego consistió en una solución con las mismas proporciones de nutrientes que la solución estándar pero más diluida.

Una vez alcanzaron la altura apropiada, se trasplantaron a las camas definitivas. El sustrato que se utilizó a partir de este momento también fue picón pero de mayor diámetro, 10 – 15 mm, seleccionado de acuerdo con sus propiedades, [Blesa y Luque (1972), Luque y Pérez Melián (1976)], y la solución nutritiva empleada fue igual, tanto en composición como en concentración total, a la solución estándar. Cuando las plantas alcanzaron una altura de aproximadamente un metro, se les comenzó a aplicar los distintos tratamientos.

Al operar de esta manera nos aseguramos que el historial de todas las plantas, hasta el momento en que les fueron administrados los tratamientos que componen nuestro ensayo es, en esencia, el mismo.

## COMPOSICIÓN DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS

Con el objeto de estudiar el efecto que ejerce en el cultivo la deficiencia de nitrógeno, fósforo y potasio se han preparado las siguientes disoluciones nutrientes:

- Disolución estándar; disolución [st]
- Disoluciones deficientes en nitrógeno; una carente en nitratos, N [0], y otra con  $2 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ , N [2].
- Disolución deficiente en fósforo; disolución P [0].
- Disoluciones deficientes en potasio; una carente en potasio, K [0], y otra con  $2 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ , K [2].

Para la preparación de las distintas soluciones nutritivas se han tenido en cuenta los principios, ya mencionados, que definen cualquier solución nutritiva en hidroponía:

- a) Relación entre los diferentes iones necesarios para el desarrollo del cultivo en cuestión.
- b) Concentración total de la solución nutritiva, expresada en función de la presión osmótica y por tanto en atm o mmol-ion/L.

---

### c) pH de la disolución

Por otra parte, con el fin de que las características de las soluciones deficientes difieran lo menos posible de la disolución estándar, se ha tratado que las relaciones entre iones, pH y concentración total de las mismas se ajusten, en la medida de lo posible, a los de la solución nutritiva estándar.

Analizamos ahora los puntos que son comunes en las cuatro disoluciones nutrientes: presión osmótica y pH.

**Presión osmótica.-** Desde un principio supusimos que el banano, de acuerdo con su hábitat de tipo tropical, debería ser un cultivo que requiere poca concentración de nutrientes en la solución de riego. Esto está de acuerdo con la bibliografía consultada en la que queda ampliamente constatado que tanto el banano como el plátano son poco resistentes a altos niveles de salinidad, [Lahav y Lowengart (1998), Palaniappan y Yerriswamy (1997), Palaniappan y Yerriswamy (1996a), Palaniappan y Yerriswamy (1996b), Araujo et al (1995), Israeli et al. (1986), Israeli y Nameri (1982)]. De acuerdo con esto y con otras experiencias realizadas en cultivo hidropónico, [Pérez Melián y Galván (1980), Carpena et al. (1977), Pérez Melián et al. (1977), Pérez Melián (1976), Steiner, A. A. (1969), Steiner, A. A. (1968), Steiner, A. A. (1961)], entendemos que una presión osmótica de  $0.35 \pm 0.04$  atm es adecuada para este tipo de cultivo, que se corresponde con una concentración total entre 12.9 y 16.2 mmol-ion por litro de disolución a una temperatura de 20° C.

**pH de la disolución.-** Ya se ha indicado que el banano es un cultivo tolerante a un amplio intervalo de pH. Si partimos de la base de que el agua con el que se preparan las disoluciones nutrientes es ligeramente alcalina y que las cantidades de nutrientes que vamos a añadir en forma de ácido no van a ser elevadas, elegimos como pH de trabajo  $7.5 \pm 0.3$ , intervalo que de acuerdo con la bibliografía, es adecuado para este tipo de cultivo.

Por otra parte, el agua con la que se preparan las soluciones nutrientes no era desanilizada, por lo que a efectos de este trabajo tenemos que considerar las cantidades de nutrientes que contiene la misma. En lo que se refiere a las cantidades de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{K}^+$ , iones de los que deben estar exentos las soluciones nutritivas N [0], P [0] y K [0], respectivamente, encontramos que el contenido en  $\text{NO}_3^-$  era 0.0 meq/L, el de  $\text{K}^+$  0.6 meq/L y el de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  0.1 meq/L, cantidades que en el caso del fósforo y el potasio aceptamos por ser concentraciones muy pequeñas.

Las reposiciones de nutrientes se hacen de acuerdo con los datos suministrados por el análisis de la disolución. Los fertilizantes empleados en la fabricación de la disolución inicial y en las reposiciones siguientes fueron: superfosfato triple ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ), nitrato potásico, nitrato cálcico, sulfato potásico y sulfato magnésico y sulfato cálcico. Las correcciones de acidez, en los casos en los que fue necesario, se hicieron con ácido nítrico, fosfórico o sulfúrico.

Se esperaban síntomas severos de deficiencia, al menos en lo que concierne al nitrógeno y al potasio, por lo que se planificó que, una vez finalizado el ensayo de carencia en nutrientes fundamentales, estudiar la posibilidad de recuperación del cultivo.

### ***DISOLUCIÓN ESTÁNDAR.- [st]***

No existe una solución estándar para el cultivo del banano. La composición de la que empleamos aquí ha sido planificada a partir del conocimiento de las necesidades nutricionales que, según la bibliografía consultada, tiene este cultivo y de la disolución de Steiner, descrita en el apartado anterior.

De la disolución de Steiner entendemos que las proporciones entre aniones son adecuadas para el cultivo del banano; esto es, alto contenido en nitrógeno, en forma de nitratos, y bajo en fósforo, en forma de dihidrógeno fosfato. Sin embargo,



las proporciones entre cationes han sido modificadas atendiendo a las altas necesidades de potasio que tiene el banano.

En el diagrama triangular de aniones, fig. 17, se observa que un contenido alto de potasio, sin llegar al límite fisiológico máximo, puede ser perfectamente 60 % eq  $K^+$ . También se observa que para esta proporción de potasio, los límites de los porcentajes de calcio y magnesio son muy estrechos, entre 24%- 36% y 4%-16% respectivamente. Dado el estrecho margen de porcentajes permitido para ambos nutrientes se decide optar por el punto medio con el fin de alejarnos en la medida de lo posible de los límites fisiológicos de ambos. Por otra parte, la relación  $Ca^{2+}/Mg^{2+}$  3/1 es superior a 1.5 que es el límite fisiológico mínimo recomendado por Steiner (1961), fig. 17, para la mayoría de los cultivos.

A partir de lo expuesto las proporciones entre nutrientes de la disolución estándar, “disolución [st]”, están marcadas con [st] en el diagrama triangular de aniones y cationes de la página siguiente, (fig. 17), y son las que figuran a continuación:

<i>Aniones (% eq)</i>			<i>Cationes (% eq)</i>		
$NO_3^-$	$H_2PO_4^-$	$SO_4^{2-}$	$K^+$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$
60	5	35	60	30	10

Tabla 17. Relaciones entre iones en la disolución estándar (disolución [st])

Esta disolución debe completarse con los microelementos fundamentales, que según la bibliografía existente, [Hewitt (1966)], deben estar presentes en la siguiente concentración:

<i>Microelementos (ppm)</i>					
Fe	Mn	B	Zn	Cu	Mo
2	0.7	0.5	0.09	0.02	0.04

Tabla 18. Concentraciones de micronutrientes en las soluciones nutritivas

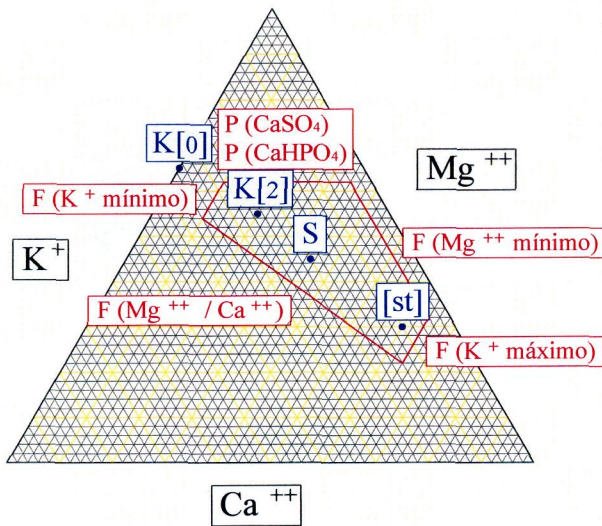


Diagrama triangular de cationes

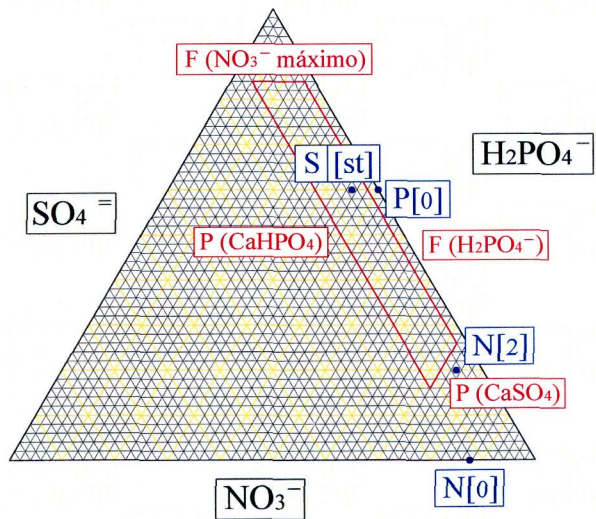


Diagrama triangular de aniones

Fig. 17. Diagramas triangulares. Composición de las soluciones nutritivas.-  $[\text{st}]$ : disolución estándar;  $\text{N} [0]$ : disolución  $0 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ ;  $\text{N} [2]$ : disolución  $2 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ ;  $\text{P} [0]$ : disolución  $0 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{ H}_2\text{PO}_4^-$ ;  $\text{K} [0]$ : disolución  $0 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{ K}^+$ ;  $\text{K} [2]$ : disolución  $2 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{ K}^+$ .

---

## DISOLUCIONES DEFICIENTES EN NITRÓGENO

### Disolución carente en Nitrógeno.- N [0]

El valor 0 % eq de nitratos queda fuera del área permitida en el diagrama triangular de aniones, fig. 17. De acuerdo con el criterio de tratar que todos los parámetros se ajusten lo más posible a la disolución estándar, se ha decidido mantener la misma relación  $\text{SO}_4^{2-} / \text{H}_2\text{PO}_4^-$  que en dicha disolución; esto es, 7.0, conservando las mismas relaciones en % eq de cationes que en la misma, con lo que la dosificación de la “disolución N [0]”, marcada con N [0] en el diagrama triangular de aniones y con [st] en el de cationes (fig. 17), es la siguiente:

<i>Aniones (% eq)</i>			<i>Cationes (% eq)</i>		
$\text{NO}_3^-$	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$
0.0	12.5	87.5	60	30	10

Tabla 19. Relaciones entre iones en la disolución carente en N (disolución N [0])

Esta disolución se completa con las mismas cantidades de microelemento que la disolución estándar, tabla 18.

El cultivo que estuvo sujeto a este tratamiento presentó un escaso desarrollo, su talla era muy corta en relación con el cultivo estándar, las hojas eran amarillas y no producía racimos, por lo que se decidió después de trece meses de haber comenzado la experiencia, llevar el porcentaje de equivalentes de  $\text{NO}_3^-$  de la misma a un 20 % de la suma de equivalentes de aniones.

A esta disolución la llamamos “disolución N [2]” y la composición de la misma se expone en el siguiente apartado.

**Disolución Deficiente en Nitrógeno.- N [2]**

Partiendo de la base de que en esta disolución el 20 % de la suma de equivalentes de aniones debían corresponder al  $\text{NO}_3^-$ , al plantearnos la dosificación de los otros dos nutrientes aniónicos teníamos dos opciones: guardar la misma relación  $\text{SO}_4^{2-} / \text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$  que en la disolución estándar, en cuyo caso los porcentajes de  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$  en la suma total de equivalentes de aniones serían 70 % y 10 %, respectivamente, o aportar el mismo % eq de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  que en la disolución estándar, 5 %, en cuyo caso el porcentaje de  $\text{SO}_4^{2-}$  queda fijado.

Si tenemos en cuenta la poca importancia que tiene el sulfato para este cultivo, entendemos que a la hora de poder establecer diferencias y similitudes, en cuanto a la deficiencia de nitrógeno se refiere, entre este cultivo y el estándar, es preferible igualar el aporte de fósforo al del cultivo estándar.

Las proporciones de equivalentes entre los cationes se mantuvieron idénticos a las del tratamiento estándar y las cantidades de micronutrientes también fueron las mismas.

A partir de lo expuesto las proporciones entre macronutrientes de la “disolución N [2]”, marcada con N [2] en el diagrama triangular de aniones y con [st] en el de cationes (fig. 17), son la que figuran a continuación:

<i>Aniones (% eq)</i>			<i>Cationes (% eq)</i>		
$\text{NO}_3^-$	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$
20	5	75	60	30	10

Tabla 20. Relaciones entre iones en la disolución deficiente en N (disolución N [2])

---

### **DISOLUCIÓN CARENTE EN FÓFORO.- P [0]**

En la composición de esta disolución no existe el  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . Con el fin de mantener las características de la misma lo más próximas a la disolución estándar y teniendo en cuenta que el sulfato no es importante para este cultivo, se ha decidido que el porcentaje de nitratos sea el mismo que el de la solución de riego del cultivo de referencia, con lo que el porcentaje de sulfato queda fijado.

Las proporciones entre equivalentes catiónicos y las cantidades de microelementos se mantienen iguales que en la disolución estándar.

A partir de lo expuesto, la composición de la “disolución P [0]” es la marcada con P [0] en el diagrama triangular de aniones y con [st] en el de aniones (fig. 17), siendo las proporciones entre nutrientes en la misma las que figuran a continuación:

<i>Aniones (% eq)</i>			<i>Cationes (% eq)</i>		
$\text{NO}_3^-$	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$
60	0.0	40	60	30	10

Tabla 21. Relaciones entre iones en la disolución carenate en P (disolución P [0])

El cultivo al que le fue aplicado este tratamiento no mostró características apreciables que le diferenciaron del estándar. Aún así se decidió hacia el final de la experiencia nutrirlo con una disolución idéntica a la estándar a fin de observar si experimentaba algún cambio en lo que a su desarrollo se refiere.

## DISOLUCIONES DEFICIENTES EN POTASIO

### Disolución carente en Potasio.- K [0]

Siguiendo con el criterio de dosificar las disoluciones de manera que sus características se ajusten en la medida del posible a la disolución estándar, las proporciones entre aniones y las cantidades de microelementos son los mismos que en dicha solución nutriente.

En cuanto a las proporciones entre cationes, si tratamos de guardar la misma relación  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  que en la solución estándar, 3/1, las proporciones de los mismos serían 75% de  $\text{Ca}^{2+}$  y 25% de  $\text{Mg}^{2+}$ . Sin embargo, la dosificación de esta disolución se ve limitada por los fertilizantes de que disponemos y la imposibilidad de manejar el  $\text{CaSO}_4$  con facilidad dada su escasa solubilidad. Teniendo en cuenta lo expuesto, la composición de esta disolución es la que se indica en la tabla 22 y figura con K [0] en el diagrama triangular de cationes y con [st] en el de aniones (fig. 17). En ella se observa que los porcentajes de calcio y magnesio en la suma de equivalentes de cationes son, respectivamente, 65% y 35%, con lo que la relación  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  es lo más cercana posible a 75/25 y además está por encima del límite inferior 1.5 recomendado en la fig. 17.

<i>Aniones (% eq)</i>			<i>Cationes (% eq)</i>		
$\text{NO}_3^-$	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$
60	5	35	0.0	65	35

Tabla 22. Relaciones entre iones en la disolución carente en K (disolución K [0])

Este cultivo se mantuvo con la misma disolución de riego durante las tres cuartas partes del tiempo que duró la experiencia, presentando síntomas de deficiencia

en potasio. Pasado este tiempo se decidió llevar el porcentaje de potasio a un 20% de la suma de equivalentes de cationes, a fin de observar si era posible una recuperación del mismo. A esta disolución la llamamos K [2] y es la que se expone a continuación.

### ***Disolución Deficiente en Potasio.- K [2]***

Como ya hemos indicado, en esta disolución el potasio representa el 20% de la suma de equivalentes de cationes. En el diagrama triangular de cationes se observa que para este porcentaje de potasio, los límites de calcio y magnesio están comprendidos entre 48% y 62% para el calcio y consecuentemente 32% y 18% para el magnesio. Como en el caso de la disolución estándar, elegimos el punto medio de ambos intervalos, esto es, 55% de  $\text{Ca}^{2+}$  y 25% de  $\text{Mg}^{2+}$ , con lo que la relación  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  es 2.2.

La composición de la disolución en lo que se refiere a equivalentes de aniones se mantiene igual a la disolución estándar, tabla 17, y las cantidades de microelementos son también las mismas. Esta disolución figura con K [2] en el diagrama triangular cationes y con [st] en el de aniones y las proporciones entre nutrientes son las que se indican a continuación:

<i>Aniones (% eq)</i>			<i>Cationes (% eq)</i>		
$\text{NO}_3^-$	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$
60	5	35	2.0	55	25

Tabla 23. Relaciones entre iones en la disolución deficiente en K (disolución K [2])

## PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES NUTRIENTES

A partir de los porcentajes señalados para las diferentes soluciones nutrientes y teniendo en cuenta la presión osmótica que hemos fijado para este cultivo, se preparan las diferentes soluciones nutritivas. Los meq/L de nutrientes que deben estar contenidos en cada una de ellas se detallan a continuación:

<i>Solución Nutritiva</i>	<i>Nutrientes (meq/L)</i>						$\pi$ (atm)
	$\text{NO}_3^-$	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	
<b>[st]</b>	6.0	0.5	3.5	6.0	3.0	1.0	0.39
<b>N [0]</b>	0.0	1.25	8.75	6.0	3.0	1.0	0.33
<b>N [2]</b>	2.0	0.5	7.5	6.0	3.0	1.0	0.34
<b>P [0]</b>	6.0	0.0	4.0	6.0	3.0	1.0	0.38
<b>K [0]</b>	6.0	0.5	3.5	0.0	6.5	3.5	0.32
<b>K[2]</b>	6.0	0.5	3.5	2.0	5.5	2.5	0.34

Tabla 24. meq de nutrientes por litro de solución de riego ( $\pi$ : presión osmótica a 293 K)

A partir del análisis del agua que se utiliza para preparar las diferentes soluciones nutrientes, sabemos las cantidades de nutrientes que esta posee y compensamos la fórmula con la aportación cuantitativa de nutrientes requerida en cada caso.

Los fertilizantes de que disponemos para la preparación de las soluciones nutritivas son los siguientes: superfosfato triple ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ), nitrato potásico, nitrato cálcico, sulfato potásico, sulfato magnésico y sulfato cálcico. Este último se tratará de evitar en la medida de lo posible debido a su escasa solubilidad. En este sentido hay que



---

tener en cuenta que cualquier combinación con el producto  $[\text{SO}_4^{2-}] * [\text{Ca}^{2+}]$ , en m/L, mayor que  $10^{-4.2}$  es imposible para cualquier valor de pH, [Steiner (1961)].

El criterio a la hora de dosificar los mismos es el siguiente:

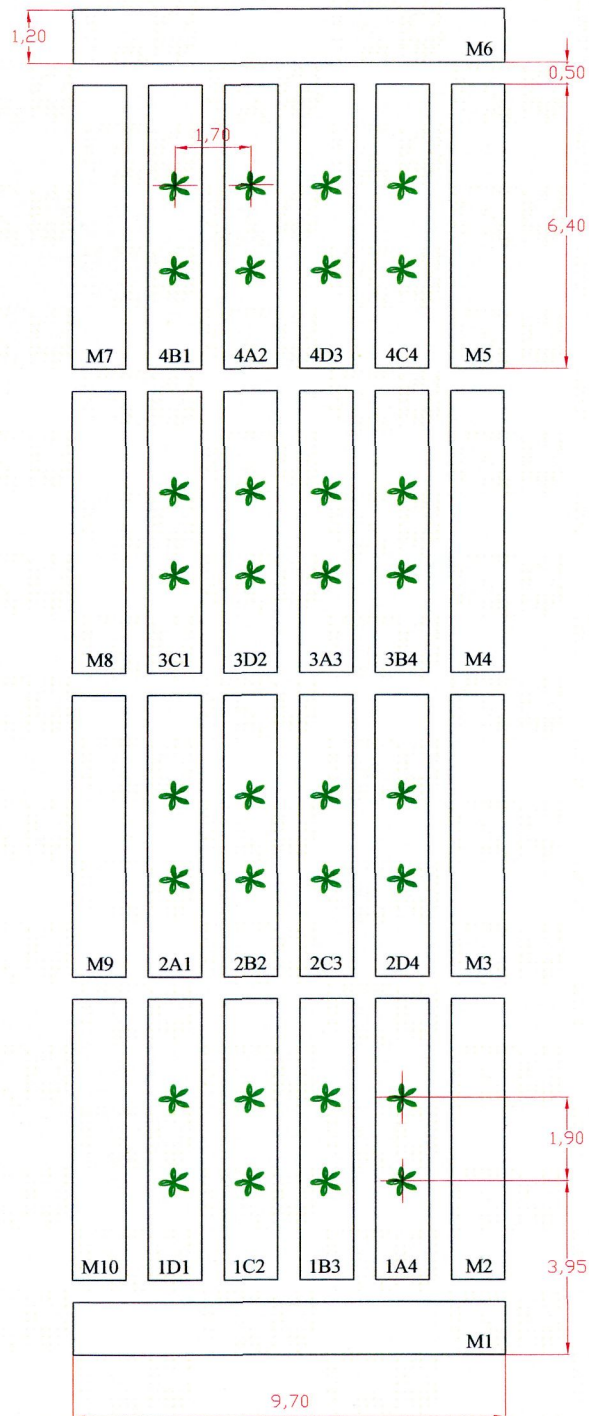
- $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , con superfosfato triple
- $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$ , con nitrato potásico
- pequeñas correcciones de  $\text{NO}_3^-$ , con nitrato cálcico
- pequeñas correcciones de  $\text{K}^+$ , con sulfato potásico
- $\text{Mg}^{2+}$ , con sulfato de magnesio
- $\text{Ca}^{2+}$ , con nitrato cálcico
- pequeñas correcciones de  $\text{Ca}^{2+}$ , con  $\text{CaSO}_4$ .

La adición de microelementos se efectúa a partir de sales inorgánicas o como quelato en el caso del hierro.

## **DISEÑO EXPERIMENTAL**

En esta experiencia con cuatro tratamientos diferentes, realizada en un invernadero y utilizando cultivo hidropónico, no es de esperar que existan efectos del entorno sobre la misma; esto es, no existen efectos de fila ni de columna sobre el experimento. Sin embargo, el diseño que hemos utilizado ha sido en cuadrado latino 4x4, ya que para nuestro ensayo eran necesarios cuatro estanques de soluciones nutritivas y las únicas camas hidropónicas que reunían este requisito eran las que estaban conectadas en dicha disposición. Este hecho por otro lado nos beneficia en el sentido de que nos permite tener cuatro repeticiones de cada tratamiento.

Por tanto, este ensayo se realiza en 16 camas hidropónicas conectadas y distribuidas en disposición de cuadrado latino 4 x 4; es decir, ninguna cama conectada al mismo estanque se repite ni por fila ni por columna. La disposición y la nomenclatura de las mismas, así como el marco de plantación están señaladas en la fig. 18.



E 1: 150

Fig. 18. Disposición de las camas hidropónicas y marco de plantación

---

Para paliar los efectos de borde sobre la experiencia que se realiza, las 16 camas están rodeadas de otras 10, camas M, en las que se cultivan plantas iguales a las del ensayo pero que no intervienen en él.

Por otra parte, las camas A, B, C, D y M están conectadas con sus correspondientes estanques de solución nutritiva, estando éstos designados con su misma letra, A, B, C, D y M

## TOMA DE MUESTRAS

### MUESTRAS DE PLANTAS

La recogida de muestras de plantas se inició un mes después de haber comenzado los distintos tratamientos, efectuándose las sucesivas tomas de muestras con una periodicidad bimensual.

Tanto para la elección de la hoja que se somete a análisis como para la parte que se muestrea de la misma se siguieron las normas acordadas en el primer Seminario Internacional Sobre el Análisis del Banano en las Islas Canarias [Martin Prevel (1976)].

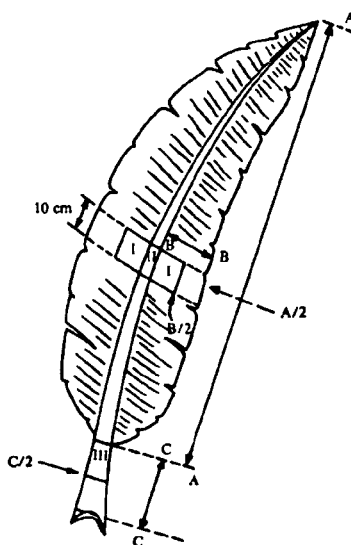


Fig. 20. Procedimiento de muestreo para las hojas de banano. I: lámina; II: nervio central; III: peciolo

---

Siguiendo dicho método de muestreo, se analizó la segunda hoja después de la plenamente desarrollada, esto es, la hoja número III. La fracción analizada de la misma es la porción del limbo que se indica con I en la figura 20.

Las determinaciones analíticas que se llevaron a cabo fueron las siguientes: nitrógeno, fósforo, potasio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro.

## ANÁLISIS DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS

Cada vez que se llenan los tanques que contienen las soluciones nutritivas se determina la cantidad de nutrientes que posee el mismo. La diferencia con la solución de partida es la que ha absorbido la planta. Dicha diferencia se repone con los fertilizantes adecuados.

La periodicidad de estos análisis queda limitada a la periodicidad con la que se llenen los tanques.

Las determinaciones analíticas efectuadas en la solución nutritiva fueron las siguientes: nitratos, fosfatos, potasio, calcio y magnesio.

## PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN

La toma de parámetros de producción se inicia a los cuatro meses después del inicio de los distintos tratamientos. Pasado este tiempo la periodicidad de medida de los mismos es mensual.

Los controles de medida efectuados fueron los siguientes:

- *En la planta:* diámetro delseudotallo a 1 m de la base en el momento de parir.
- *En el racimo:* fecha de parición, fecha de corte y peso.

## DETERMINACIONES ANALÍTICAS

Los métodos y técnicas de análisis empleados para las soluciones nutritivas y análisis de hojas son los que se describen en Pérez Melián et al. (1975).

En las técnicas instrumentales se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica y un espectrofotómetro U-V.

### ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

#### *Determinación de Nitratos ( $NO_3^-$ )*

Se determinó por espectrofotometría, comparando la intensidad de la coloración amarilla que produce el ácido 6 nitrofenol 2-4 disulfónico en medio básico en una curva de calibración previamente preparada a 430 nm.

#### *Determinación de Fosfatos ( $H_2PO_4^-$ )*

Se determinó por espectrofotometría, comparando la intensidad de la coloración amarilla del vanadato-fosfomolibdato en una curva de calibración previamente preparada a 400 nm

#### *Determinación de Potasio ( $K^+$ )*

Se determinó por espectrofotometría de emisión, comparando la emisión de la muestra en una curva de calibración previamente preparada a 766.5 nm

---

### ***Determinación de Calcio ( $Ca^{2+}$ )***

Se determinó por espectrofotometría de absorción atómica, comparando la intensidad de la radiación absorbida con una curva de calibración previamente preparada a 422.7 nm

### ***Determinación de Magnesio ( $Mg^{2+}$ )***

Se determinó por espectrofotometría de absorción atómica, comparando la intensidad de la radiación absorbida con una curva de calibración previamente preparada a 285.2 nm

## **ANÁLISIS FOLIAR**

### ***PREPARACIÓN DE LA MUESTRA***

- (a) Lavado.-*** Cada porción de hoja a analizar se sumergió en agua corriente y detergente unos minutos, se enjuagó con agua corriente hasta quedar completamente limpia y, a continuación, con agua destilada.
- (b) Secado.-*** Se realizó en una estufa de aire forzado a una temperatura de 60° C durante doce horas
- (c) Molienda.-*** Una vez secas, se dejaron enfriar al aire y a continuación se molieron en un micromolino, hasta que quedaron finamente divididas
- (d) Desecación.-*** A continuación se llevaron a 100-105° C en una estufa durante cinco horas y, una vez completamente secas, se pasaron a un desecador donde se enfrían y quedan listas para su análisis
- (e) Calcinación.-*** Se realizó a partir de dos gramos de muestra desecada que se redujo a cenizas en un horno de mufla a 480° C. De estas cenizas se extrajo el fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, manganeso, cobre y cinc tratando con ácido clorhídrico concentrado.

**(f) Método Kjeldahl.-** Se trató 0.25 g de muestra desecada con ácido sulfúrico concentrado y peróxido de hidrógeno al 30 %.

## **DETERMINACIONES ANALÍTICAS**

### ***Determinación de Nitrógeno***

El sulfato amónico obtenido en *(f) método Kjeldahl* se trató, siguiendo dicho método, con hidróxido sódico y el amoníaco liberado se destiló y valoró con ácido clorhídrico.

### ***Determinación de Fósforo***

Se determinó a partir de la disolución obtenida en *(e) calcinación*, siguiendo el mismo método que se empleó para la determinación de fosfatos en la solución nutritiva.

### ***Determinación de Potasio***

Se determinó a partir de la disolución obtenida en *(e) calcinación*, siguiendo el mismo método que se empleó para la determinación de potasio en la solución nutritiva.

### ***Determinación de Hierro***

Se determinó por espectrofotometría de absorción atómica, leyendo la intensidad de la radiación de la disolución obtenida en *(e) calcinación* y comparando la intensidad de la radiación absorbida en una curva de calibración previamente preparada a 248.3 nm



---

### ***Determinación de Manganeso***

Se determinó por espectrofotometría de absorción atómica, leyendo la intensidad de la radiación de la disolución obtenida en *(e) calcinación* y comparando la intensidad de la radiación absorbida en una curva de calibración previamente preparada a 279.5 nm

### ***Determinación de Cinc***

Se determinó por espectrofotometría de absorción atómica, leyendo la intensidad de la radiación de la disolución obtenida en *(e) calcinación* y comparando la intensidad de la radiación absorbida en una curva de calibración previamente preparada a 213.9 nm

### ***Determinación de Cobre***

Se determinó por espectrofotometría de absorción atómica, leyendo la intensidad de la radiación de la disolución obtenida en *(e) calcinación* y comparando la intensidad de la radiación absorbida en una curva de calibración previamente preparada a 324.8 nm



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN



A continuación se exponen los resultados de las determinaciones en hojas y parámetros de producción de los cultivos regados con las soluciones deficiente en nitrógeno, deficiente en fósforo y deficiente en potasio y su comparación con el cultivo de referencia.

En los análisis foliares, cada una de las medidas que figuran en las tablas y en las gráficas es la media de las cuatro repeticiones de que consta este experimento. El valor medio de cada nutriente a lo largo de la experiencia es la media de todas las determinaciones realizadas durante el transcurso de la misma.

Los valores que figuran en los parámetros de producción del cultivo de referencia y de las deficiencias son los valores medios de cada una de las plantas procedentes del cultivo in vitro y de sus descendientes.

## ANÁLISIS FOLIARES

### CULTIVO DE REFERENCIA

#### CONCENTRACIÓN FOLIAR DE MACRONUTRIENTES.- (N, P, K)

En la tabla 25 se exponen las determinaciones de nitrógeno, fósforo y potasio en la hoja (% de nutriente en materia seca) del cultivo regado con la solución nutritiva estándar, cultivo [st].

<b>CULTIVO DE REFERENCIA</b>			
<b>Solución Nutritiva: 6 meq·L<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; 0.5 meq·L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>; 6 meq·L<sup>-1</sup> K<sup>+</sup></b>			
<b>SEMANAS</b>	<b>NITRÓGENO (%)</b>	<b>FÓSFORO (%)</b>	<b>POTASIO (%)</b>
5.1	3.99	0.24	3.97
14.1	3.47	0.26	3.72
22.9	3.36	0.24	4.46
31.4	3.26	0.26	3.74
39.9	3.37	0.31	3.05
48.6	3.52	0.31	4.37
57.3	3.26	0.28	4.30
66.1	3.27	0.27	3.43
74.9	3.44	0.22	3.08
83.6	3.13	0.32	3.30
92.0	2.64	0.24	3.17
100.7	3.08	0.23	3.48
109.4	2.77	0.25	3.84
118.3	2.47	0.20	4.28
131.3	2.85	0.17	3.05

Tabla 25. Cultivo estándar. Contenido de N, P y K en la hoja (g en 100 g de materia seca)

Se observa que este cultivo presentó un **contenido de nitrógeno** en la hoja que varió entre 2.47 y 3.99 % de N, siendo el valor medio de las determinaciones 3.19 (0.06) % N, niveles muy parecidos a los propuestos por la mayoría de los autores como valores apropiados en el cultivo del banano, (tabla 26).

REFERENCIA	% N
Hewitt y Osborne (1962)	2 – 6
Lahav y Turner (1992)	2.6
Langenegger y Smith (1998)	2.5 – 3.0
Rasmuswany y Muthukrishnan (1974)	1.4
Warner et al. (1974)	2.9
Wortman et al (1994)	3.1

Tabla 26. Concentraciones críticas de N en la hoja

El valor medio que hemos obtenido está ligeramente por encima de los recomendados, sin llegar al máximo que proponen Hewitt y Osborne, que consideramos excesivamente alto, y es muy superior al obtenido por Rasmuswany y Muthukrishnan que no consideramos por presentar nuestros niveles de carencia, como se verá más adelante, valores siempre superiores al 1.4 % de N que proponen estos autores como valor crítico.

**La concentración de fósforo** en la hoja presentó valores que variaron entre 0.17 y 0.31 % de P, con un valor medio de 0.25 (0.01) % P. Estos niveles se corresponden con los valores críticos más bajos recomendados por la bibliografía consultada (tabla 27).

REFERENCIA	% P
Bhangoo et al. (1962)	0.95
Dave et al. (1990)	0.2
Hernández et al. (1977)	0.20 – 0.27
Hewitt y Osborne (1962)	0.40 – 0.45
Lahav y Turner (1992)	0.2
Ray et al. (1998)	0.52

Tabla 27. Concentraciones críticas de P en la hoja

La concentración de potasio varió entre 3.05 y 4.30 % de K, siendo el valor medio de las determinaciones 3.69 (0.08) % K. Estos niveles se corresponden plenamente con los proporcionados por la bibliografía existente como valores críticos (tabla 28).

REFERENCIA	% K
Hernández et al. (1977)	3.0 – 4.0
Hewitt y Osborne (1962)	4.0
Ho (1969)	4.75
Jambulingan et al. (1975)	4.3
Lahav y Turner (1992)	3.0
Ray et al. (1998)	3.8
Rodríguez Gómez (1980)	3.76

Tabla 28. Concentraciones críticas de K en la hoja

La conformidad de nuestros resultados con aquellos que cita la bibliografía nos lleva a concluir que el cultivo de control tiene una adecuada nutrición

en nitrógeno, fósforo y potasio. Es decir, la solución estándar, en lo que se refiere a los macronutrientes, es una solución apropiada para el cultivo del banano. Esta afirmación queda corroborada, como se verá más adelante, mediante el análisis de los parámetros de producción.

### **CONCENTRACIÓN FOLIAR DE MICRONUTRIENTES.- (Fe, Mn, Zn, Cu)**

En la tabla 29 se exponen las determinaciones de hierro, manganeso, zinc y cobre en la hoja del cultivo nutrido con la solución estándar, cultivo [st].

<b>CULTIVO DE REFERENCIA</b>				
<b>SEMANAS</b>	<b>Fe (ppm)</b>	<b>Mn (ppm)</b>	<b>Zn (ppm)</b>	<b>Cu (ppm)</b>
5.1	111.5	66.0	19.4	10.9
14.1	129.7	81.6	35.7	13.1
22.9	88.0	82.6	30.7	9.4
31.4	94.1	140.0	31.1	6.2
39.9	78.1	135.2	29.1	4.1
48.6	81.1	88.1	41.1	6.0
57.3	121.9	91.5	38.1	6.9
66.1	79.5	77.4	28.4	4.0
74.9	67.6	82.9	29.4	3.5
83.6	75.5	113.2	31.5	5.4
92.0	59.4	133.6	28.6	3.4
100.7	66.0	124.4	29.9	4.7
109.4	121.5	70.9	25.0	3.1
118.3	108.0	53.5	35.5	11.5
131.3	91.0	49.2	43.2	2.7

Tabla 29. Cultivo estándar. Contenido de micronutrientes en la hoja (ppm).

Si comparamos esta tabla con la que indica las determinaciones de de macronutrientes en la hoja, tabla 25, destaca la amplia variabilidad de valores que presenta el contenido de micronutrientes en esta parte de la planta.

El orden de importancia cuantitativa de los mismos está, a excepción del boro, de acuerdo con los trabajos de Marchal y Martin Prevel (1971), Twyford y Walmsley (1968) y Vargas (1998).

Se observa que este cultivo presentó un **contenido de hierro** en la hoja que varió entre 59.4 y 129.7 ppm, siendo el valor medio de las determinaciones 92 (3) ppm Fe. La práctica totalidad de estos valores están por encima de 70 ppm de Fe, valor que, en condiciones de campo, encuentran Díaz et al. (1976) en plantaciones que no están afectadas de clorosis férrica en nuestras Islas.

Por otra parte, la mayoría de los valores individuales, así como el valor medio del contenido de este micronutriente en la hoja, están por encima de 80 ppm, valor crítico que proponen Lahav y Turner (1992) para el hierro en la hoja. Además, la concentración media de hierro que hemos hallado encaja perfectamente dentro de los valores medios encontrados por Díaz et al. (1976), entre 90.8 y 119.5 ppm Fe, en plantaciones de elevada producción de la isla de Tenerife, situándose en el límite inferior del valor que indican García et al. (1979), 90 y 210 ppm Fe, en plantaciones de gran rendimiento de la isla de La Palma

Los datos del contenido foliar de hierro están representados en la figura 21. En ella se observa que el contenido de hierro fluctúa entre límites bastante extensos. Díaz et al. (1976) y García et al. (1979) señalan que, para una misma fase de cultivo, el contenido de este micronutriente en la hoja oscila dentro de límites muy amplios. Nosotros no encontramos esta variabilidad en un momento determinado del desarrollo de la planta, posiblemente motivada por el hecho de ser un cultivo hidropónico, lo que sí se observa en esta experiencia es que la variabilidad en cuanto al contenido de hierro que muestra la tabla parece estar afectado por ciclos.



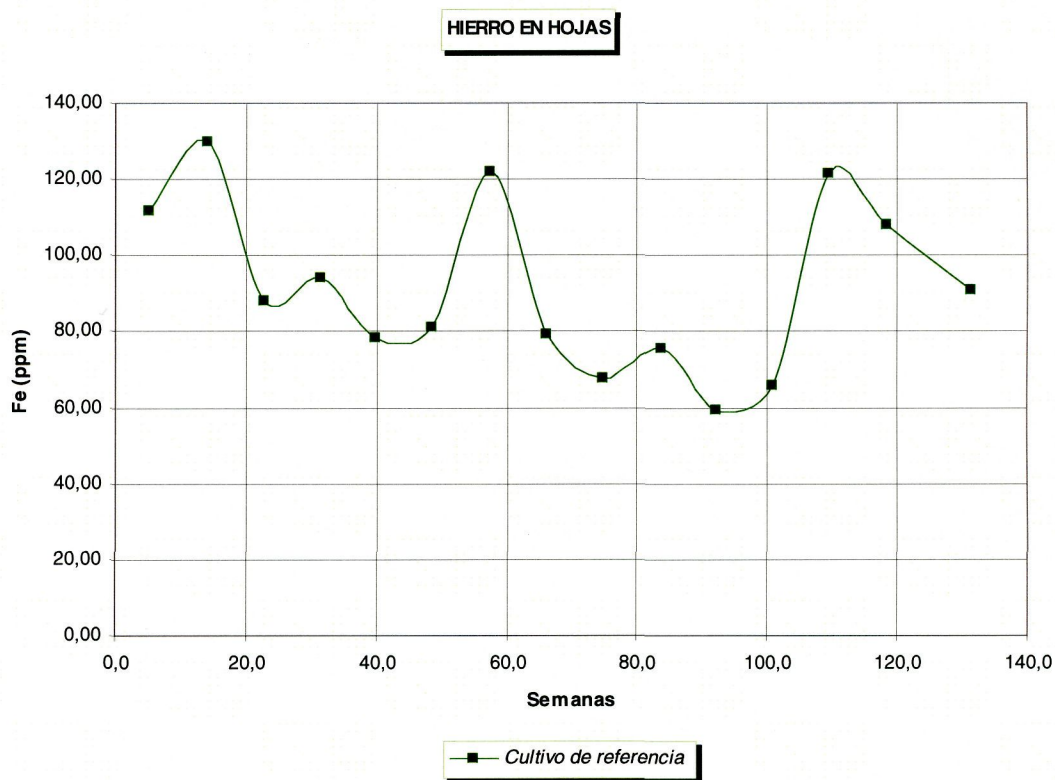


Fig. 21. Contenido de hierro en la hoja en el cultivo de referencia, cultivo [st]

Walmsley y Twyford (1976) señalan que la mayor parte del hierro lo absorbe la planta durante la primera mitad de su ciclo de vida. Por otra parte, en las plantas afectadas de síntomas de deficiencia de hierro la intensidad de los mismos varía con las estaciones, siendo más agudos en primavera [Díaz et al (1976)], en primavera y en otoño [Ziv (1954)], desapareciendo en ambos casos en la estación de verano. En los casos de toxicidad férrica, los síntomas aparecen con el comienzo de la primavera y se hacen más pronunciados a principios del otoño. El efecto de la temperatura ambiente sobre la absorción del hierro por la planta ha sido estudiado por Lahav y Turner (1984) que indican que la absorción de este nutriente por la planta se ve favorecida al elevar la temperatura.

Por lo tanto, es interesante establecer cómo influye el periodo vegetativo de la planta y la estación en el contenido de hierro de la hoja. En la figura 22 están señalizados estos dos factores: fechas de parición del cultivo, que señalan el final de la vida vegetativa de la planta, y estaciones en las que se producen los aumentos de la concentración de hierro en la hoja.

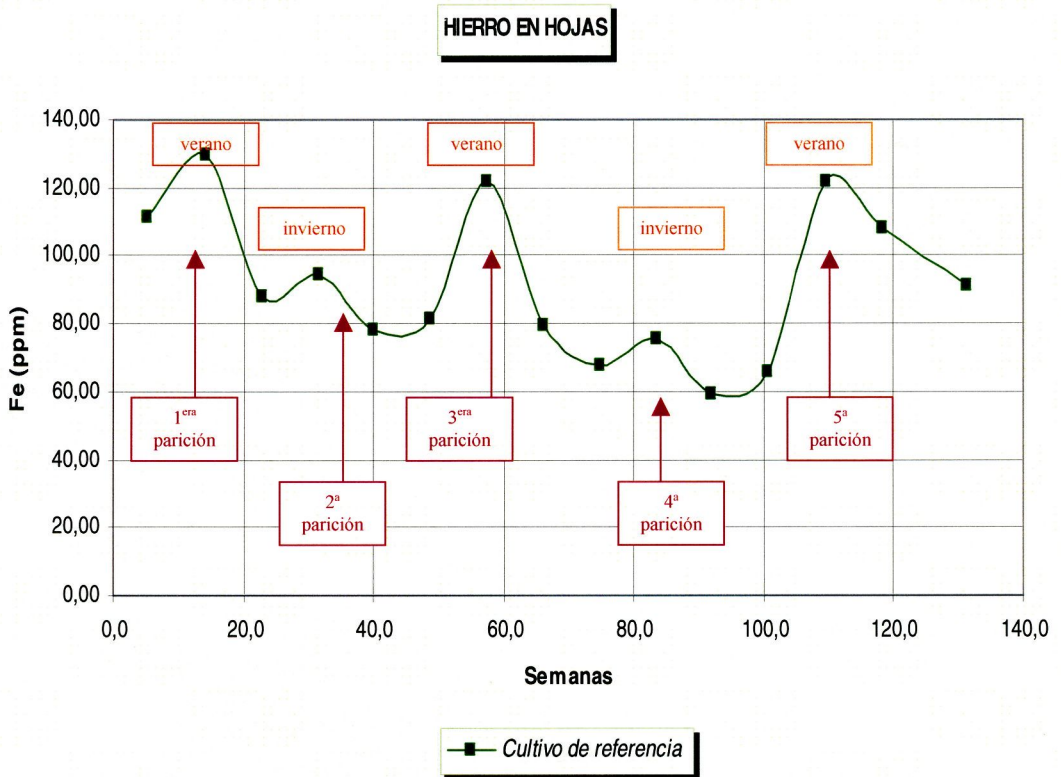


Fig. 22. Periodo de parición y cambios estacionales en relación con la absorción de Fe por la planta.

En la figura se observa que, si bien la concentración de hierro en la hoja es mayor cuando la planta está próxima a parir, el factor que más influye en el contenido de este micronutriente es la época del año en la que se encuentra la planta. Es decir, los picos altos de la figura están motivados por las estaciones más cálidas del año

---

en mayor medida (temperatura y fotoperiodo, principalmente) y por el periodo de parición del cultivo, que influye menos en los mismos. En los picos pequeños sólo influye la parición del cultivo.

En lo que respecta al **contenido de manganeso** en la hoja, sus niveles variaron entre 49.2 y 140.0 ppm, siendo el valor medio de las determinaciones 93 (5) ppm, valor similar al encontrado para el hierro. Estos valores son inferiores a los encontrados por Díaz et al. (1976) y García et al. (1979) en plantaciones de elevada producción de las islas de Tenerife y La Palma, donde en la práctica totalidad de los casos el contenido de manganeso en la hoja es muy superior al de hierro. Tampoco se encuentra para una misma fase de desarrollo las amplias variaciones del contenido de este micronutriente en la hoja que indican estos autores, hecho que, como en el caso del hierro, atribuimos a que nuestro cultivo es hidropónico.

Por otra parte, la concentración media de manganeso por nosotros hallada es bastante superior al nivel crítico que señala la bibliografía, 25 ppm [Lahav y Turner (1992)], si bien este valor es el mismo que el indicado por Marchal y Martin Prevel (1971) como valor de carencia en dicho elemento.

En la figura 23 están representadas las determinaciones del contenido foliar de manganeso durante el espacio de tiempo que duró la experiencia. En ella se puede observar que el contenido de manganeso en la hoja varía dentro de límites relativamente amplios. Cuando tratamos de relacionar los intervalos de máxima y mínima concentración de este nutriente en la hoja con los periodos estacionales, parecen indicar que los máximos se corresponden con las épocas frías del año, pero, al contrario del caso del hierro, este mismo comportamiento no se observa en los cultivos deficientes, por lo que no creemos que esta sea la causa de los mayores niveles de manganeso en esta parte de la planta. Tampoco se observan relaciones entre el contenido foliar de este micronutriente y el periodo vegetativo del cultivo.

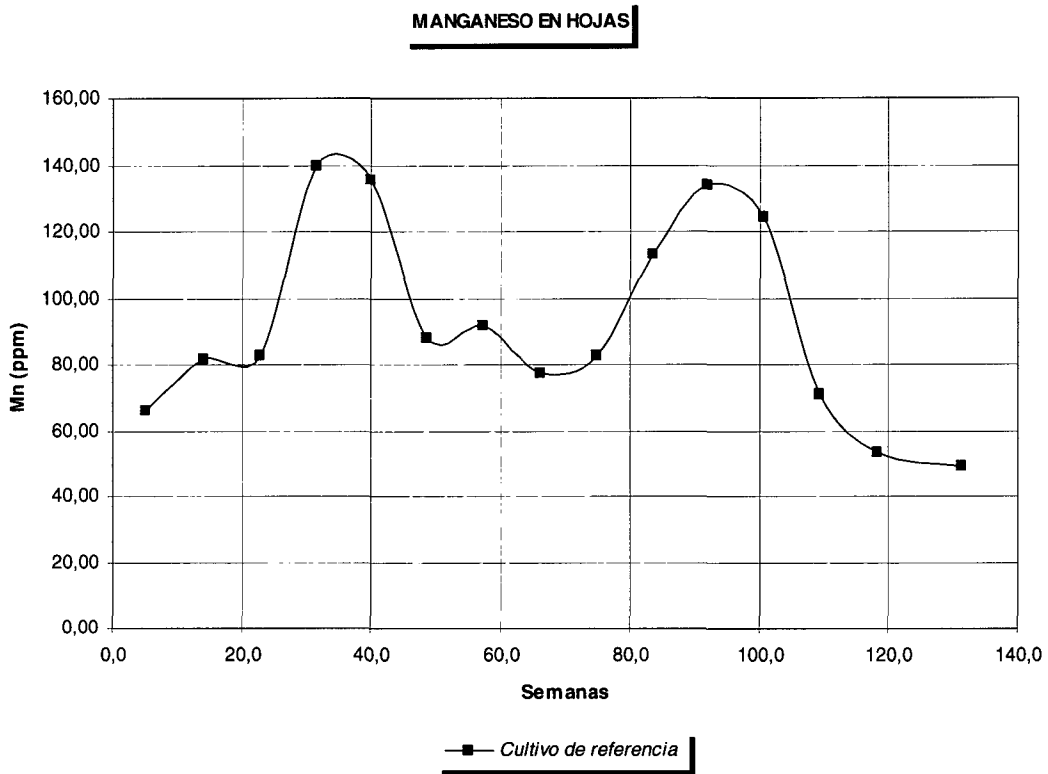


Fig. 23. Contenido de manganeso en la hoja en el cultivo de referencia, cultivo [st].

Los niveles del contenido de zinc en la hoja variaron entre 19.4 y 43.2 ppm. Estos valores son superiores a los que proponen Wortmann et al. (1994), entre 9.9 y 21.1 ppm de Zn, para obtener una buena producción en la zona del Este de África, y también son mayores a los que presentan en nuestras Islas numerosas explotaciones de gran producción [García et al. (1979), Díaz et al. (1976)].

En la figura 24 están representadas las determinaciones del contenido de este micronutriente en la hoja, pudiéndose observar, como en el caso de los micronutrientes ya estudiados, la gran variabilidad que presentan las medidas a lo largo de la experiencia. Como en el caso del manganeso, no se aprecian relaciones entre el

contenido de este micronutriente en esta parte de la planta y los cambios estacionales o el periodo vegetativo de la misma.

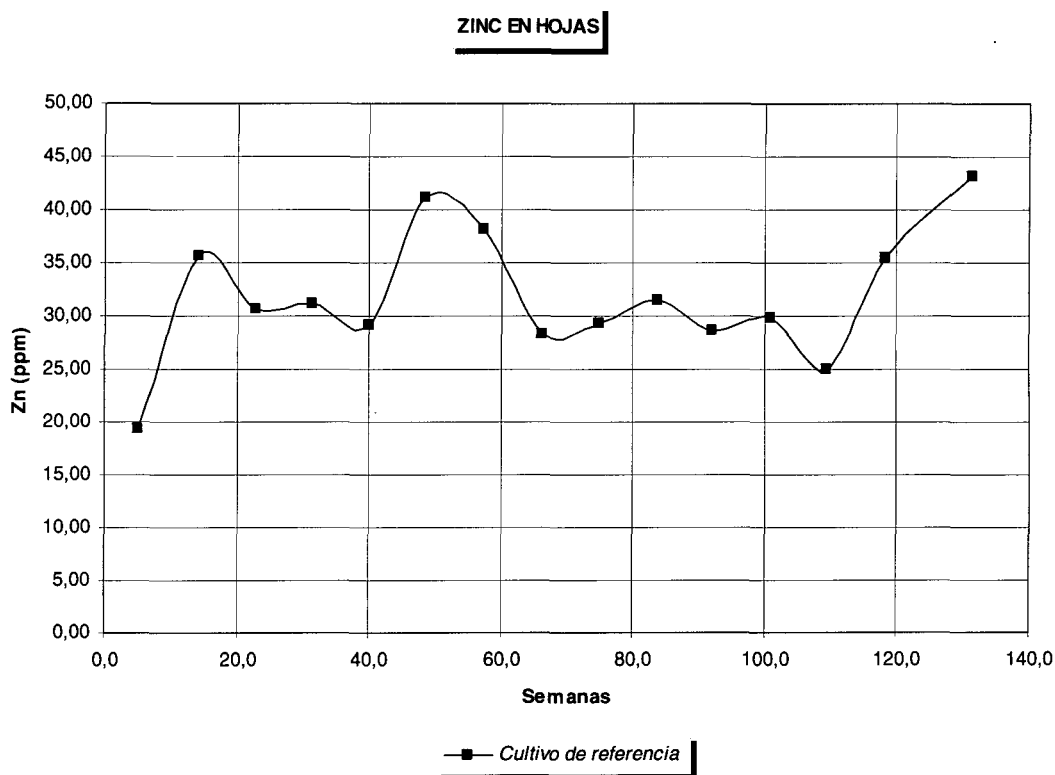


Fig. 24. Contenido de zinc en la hoja en el cultivo de referencia, cultivo [st].

Por otra parte, el valor medio que hemos hallado, 32 (1) ppm de Zn, es superior al valor de 18 y 18.4 ppm que proponen Lahav y Turner (1992) y Wortmann et al. (1994), respectivamente.

**El contenido de cobre** en la hoja presentó los valores más bajos en comparación con el resto de los micronutrientes, variando entre 2.7 y 10.9 ppm, figura 25. Tanto los valores individuales como el valor medio encontrado, 6.3 (0.5) ppm, son

inferiores a los que presentan en nuestras Islas numerosas explotaciones de gran productividad, entre 17 y 20 ppm en La Palma [García et al. (1979)] y entre 10.7 y 16.7 ppm en Tenerife [Díaz et al. (1979)]. También la práctica totalidad de los valores están por debajo del nivel de 9 ppm, que es el que señala la bibliografía consultada como valor crítico para este cultivo [Lahav y Turner (1992)], sin embargo nuestro cultivo no presentó en ningún momento síntomas de deficiencia de cobre.

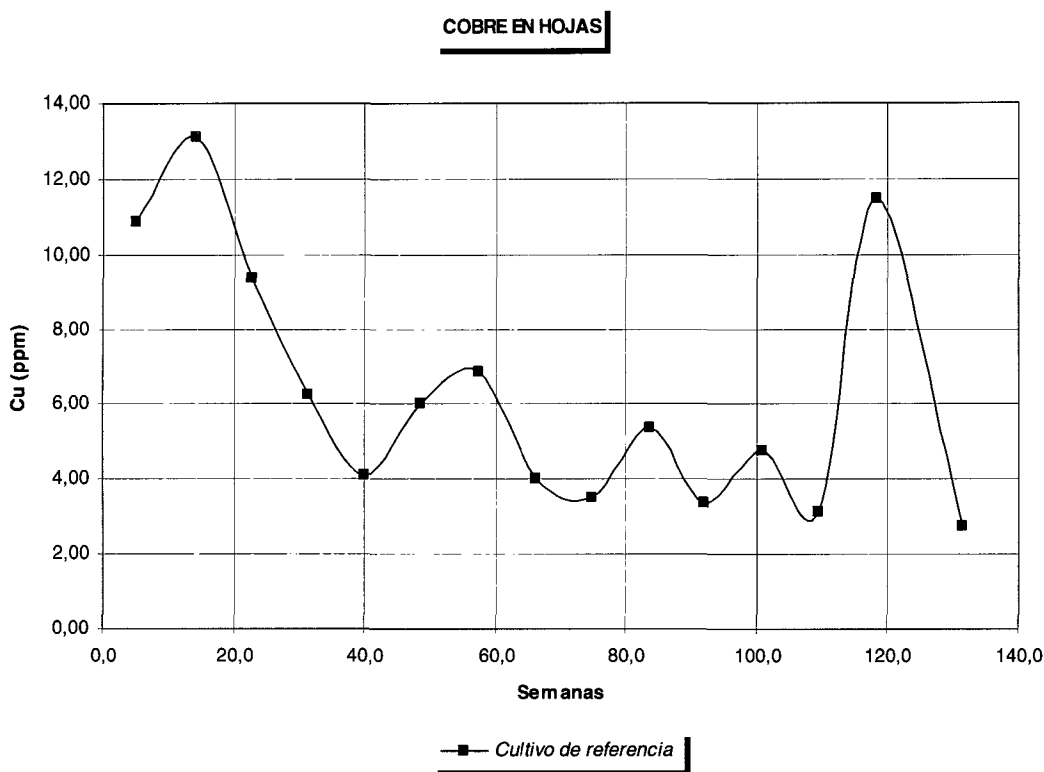


Fig. 25. Contenido de cobre en la hoja en el cultivo de referencia, cultivo [st].

Se observa que una constante en el contenido de los micronutrientes en la hoja es la gran dispersión que presentan los valores individuales a lo largo de la experiencia.

---

Además, dicha variabilidad no se puede relacionar con el periodo de vida de la planta y, salvo en el caso del hierro, tampoco obedece a factores climáticos.

Es por esto que las concentraciones medias halladas son sólo un valor del nivel medio de cada micronutriente durante el tiempo que duró este ensayo, pero no se pueden tomar como un indicativo de las concentraciones de los mismos en la hoja en un momento dado.

Dada la imposibilidad de poder obtener valores medios de concentraciones que presenten poca dispersión o valores individuales cuyas concentraciones variables puedan relacionarse con el estado biológico de la planta o con factores externos que den cuenta de la magnitud de sus cambios, el análisis de la lámina de la hoja III no es una herramienta adecuada para el diagnóstico del estado nutricional de microelementos.

Esto está en contradicción con la bibliografía consultada en la que siempre se indica la bondad de este órgano de referencia para medir el estado nutricional general de la planta.

## DEFICIENCIA EN NITRÓGENO

### EFFECTO SOBRE LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE NITRÓGENO

En la figura 26 se exponen las determinaciones de nitrógeno en la hoja (% de N en materia seca) del cultivo deficiente en nitrógeno, N [0] y N [2], y del cultivo regado con la solución nutritiva estándar, N [6 st].

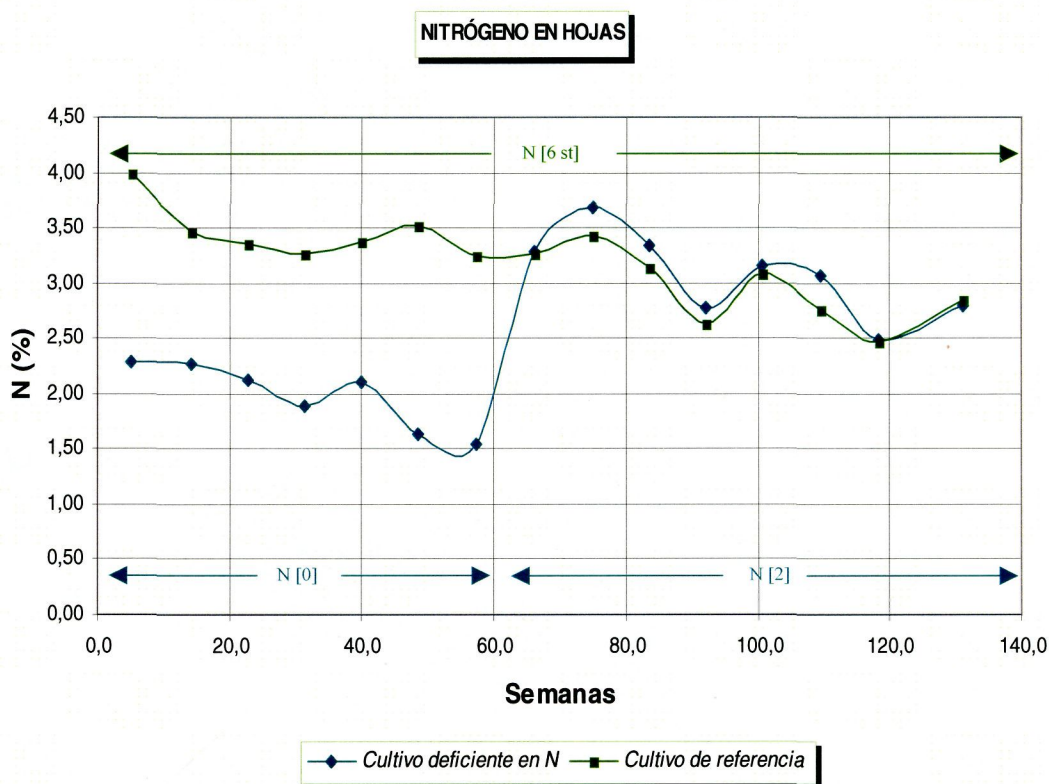


Fig. 26. Contenido de N de la hoja (% de materia seca) en la deficiencia en N, N [0] y N [2], y en el cultivo estándar. N [0]: 0 meq·L<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; N [2]: 2 meq·L<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; N [6 st]: 6 meq·L<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva.



Se observa claramente el gran aumento que sufre el contenido en N de la hoja alrededor de las 66 semanas, y que corresponde a la primera determinación después de que fue aumentado el contenido de la solución nutritiva de 0 a 2 meq/L de  $\text{NO}_3^-$ . A partir de esta medida, los niveles de N en la hoja tienden a estabilizarse, adquiriendo valores no sólo comparables a los del cultivo estándar sino que ligeramente mayores, aunque no significativos, ver tabla 30, por lo que no es un indicativo de la deficiencia que sufre la planta.

Los valores medios de la concentración foliar de nitrógeno en ambos cultivos están indicados en la tabla 30.

<b>PERIODO</b>	<b>DEFICIENCIA EN NITRÓGENO (% N)</b>	<b>CULTIVO DE REFERENCIA (% N)</b>
<b>Periodo 1</b>		
<b>Def. en N: N [0]</b>	1.98 <sup>a</sup> (0.06)	3.19 <sup>c</sup> (0.06) S <sup>ac</sup> , p<0.01
<b>Cultivo st: N [6 st]</b>		
<b>Periodo 2</b>		
<b>Def. en N: N [2]</b>	3.07 <sup>b</sup> (0.09)	
<b>Cultivo st: N [6 st]</b>		

Tabla 30. Contenido de N en la hoja (% de materia seca) en los cultivos deficiente en N y de referencia. N [0]: 0 meq·L<sup>-1</sup>  $\text{NO}_3^-$  en la solución nutritiva; N [2]: 2 meq·L<sup>-1</sup>  $\text{NO}_3^-$  en la solución nutritiva; N [6 st]: 6 meq·L<sup>-1</sup>  $\text{NO}_3^-$  en la solución nutritiva.

Se observa que tanto los valores individuales como los valores medios reflejan la diferencia de nutrición nitrogenada que tuvo el cultivo en los periodos N [0] y N [2].

Durante el periodo de carencia, periodo N [0], la planta presentó síntomas evidentes de deficiencia en N y no fructificó, presentando valores en el tejido foliar comprendidos entre 1.55 y 2.28 % de N, con un valor medio de 1.98 (0.06) % N. Este valor medio se corresponde con el nivel 2 % señalado por Lacoecilhe y Martin Prevel (1971a) bajo el cual la planta presenta síntomas visuales de deficiencia de N en cultivo hidropónico.

Durante el periodo en el que se le suministró 2 meq/L de  $\text{NO}_3^-$  como nutrición nitrogenada, periodo 2, el cultivo produjo frutos, si bien la producción y el desarrollo fue menor que la del cultivo estándar, mostrando todavía algunos síntomas de deficiencia en N. Los valores en este periodo están comprendidos entre 2.80 y 3.68 % de N, con un nivel medio de 3.07 (0.09) % N.

Si comparamos los valores medios obtenidos en los periodos 1 y 2 con el obtenido en el cultivo de referencia, se obtiene que las diferencias entre medias es significativa en el periodo 1,  $p < 0.01$ , siendo no significativa en el periodo de deficiencia.

En resumen, los resultados hallados parecen señalar que si bien es posible determinar mediante análisis foliar situaciones de extrema carencia en nitrógeno, dichos análisis no son efectivos para reconocer estados de deficiencia de este nutriente en el desarrollo de la planta; esto es, los síntomas visuales de carencia en nitrógeno se manifiestan aún cuando los niveles en hojas son los adecuados para una buena nutrición nitrogenada.

Esto último está en total desacuerdo con la bibliografía consultada, en la que se insiste de manera reiterada en la conveniencia del análisis foliar para detectar niveles de N no adecuados para el normal desarrollo de la planta antes de que se produzcan síntomas visuales de deficiencia.

## EFFECTO SOBRE LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE FÓSFORO

En la figura 27 están representadas las determinaciones de fósforo en la hoja (% de P en materia seca) del cultivo deficiente en nitrógeno, P [1.25] y P [0.5], y del cultivo de referencia, P [0.5 st].

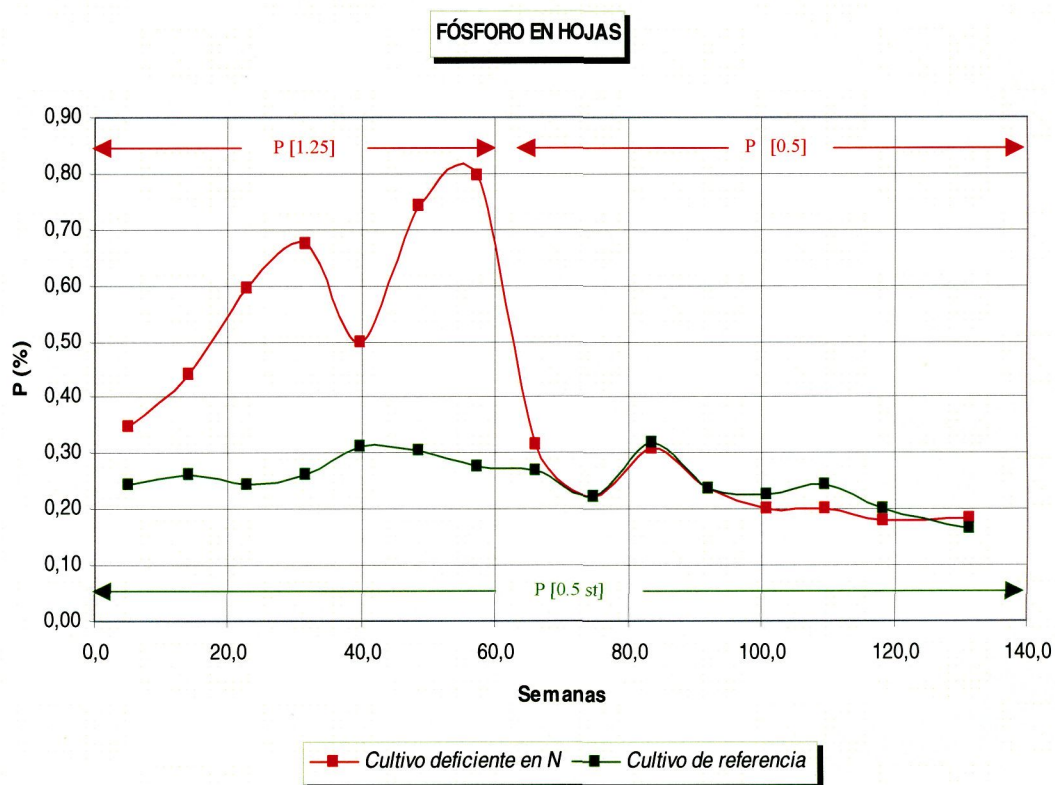


Fig. 27. Contenido de P de la hoja (% de materia seca) en la deficiencia en N, P [1.25] y P [0.5], y en el cultivo estándar. P [1.25]:  $1.25 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva; P [0.5]:  $0.5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva; P [0.5 st]:  $0.5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva estándar.

Los datos representados reflejan claramente la diferencia de concentración en la solución nutritiva de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  durante los periodos 1 y 2, disoluciones P [1.25] y P [0.5], del cultivo deficiente en nitrógeno.

También se observa que inmediatamente después de cambiar la dosificación de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva, los niveles de P en el tejido foliar del cultivo deficiente en nitrógeno se igualan a los del cultivo de referencia, disoluciones P [0.5] y P [0.5 st].

Esto nos indica dos cuestiones fundamentales:

- Los niveles de fósforo en la hoja se corresponden con su concentración en la solución nutriente, hecho que no ocurre con el nitrógeno.
- Los distintos niveles de nitrato en la solución nutritiva no afectan el contenido de fósforo en la hoja.

Durante el periodo en el que este cultivo deficiente en nitrógeno estuvo nutrido con  $1.25 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$  de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , los valores individuales estuvieron comprendidos entre 0.35 y 0.80 % de P, con un contenido medio de 0.59 (0.03) % P, valores que quedan dentro de los márgenes de niveles críticos propuestos por algunos autores, (tabla 27).

Durante el periodo en el que la dosificación de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva del cultivo deficiente en nitrógeno fue la misma que en el cultivo estándar,  $0.5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ , los niveles foliares en la hoja decrecieron rápidamente, estando comprendidos entre 0.32 y 0.18 % de P, con un valor medio de 0.23 (0.01) % de P. Tanto los valores individuales como el valor medio se sitúan dentro de las concentraciones críticas señaladas en la bibliografía (tabla 27)

El valor medio de la concentración foliar de fósforo en el cultivo deficiente en nitrógeno y en el cultivo estándar están indicados en la tabla 31.

<b>PERIODO</b>	<b>DEFICIENCIA EN NITRÓGENO (% P)</b>	<b>CULTIVO DE REFERENCIA (% P)</b>
<b>Periodo 1</b>  <b>Def. en N: P [1.25]</b> <b>Cultivo st: P [0.5 st]</b>	0.59 <sup>a</sup> (0.03)	0.25 <sup>c</sup> (0.01) S <sup>ac</sup> , p<0.01
<b>Periodo 2</b>  <b>Def. en N: P [0.5]</b> <b>Cultivo st: P [0.5 st]</b>	0.23 <sup>b</sup> (0.01)	

Tabla 31. Contenido de P en la hoja (% de materia seca) en los cultivos deficiente en N y de referencia. P [1.25]: 1.25 meq·L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; P [0.5]: 0.5 meq·L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; P [0.5 st]: 0.5 meq·L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva estándar.

Si comparamos los valores los valores medios obtenidos durante los periodos 1 y 2 con el obtenido para el cultivo de referencia, se obtiene que las diferencias entre medias es significativa en el periodo 1,  $p < 0.01$ , siendo no significativa en el 2.

Los resultados obtenidos indican que, durante todo el periodo de cultivo, las plantas deficientes en nitrógeno presentaban una concentración foliar de fósforo que estaba dentro de los márgenes considerados como adecuados en la bibliografía consultada, si bien hay que tener en cuenta la amplitud de los mismos. Por otra parte, con 0.5 meq/L de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutriente el contenido foliar de P se sitúa en el límite inferior de dichos márgenes y con 1.25 meq/L no llega al límite superior que proponen Bhangoo et al. (1962).

### EFFECTO SOBRE LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE POTASIO

En la figura 28 se exponen los resultados de las determinaciones de potasio en la hoja (% de materia seca) del cultivo deficiente en nitrógeno, K [6], y del cultivo de referencia, K [6 st].

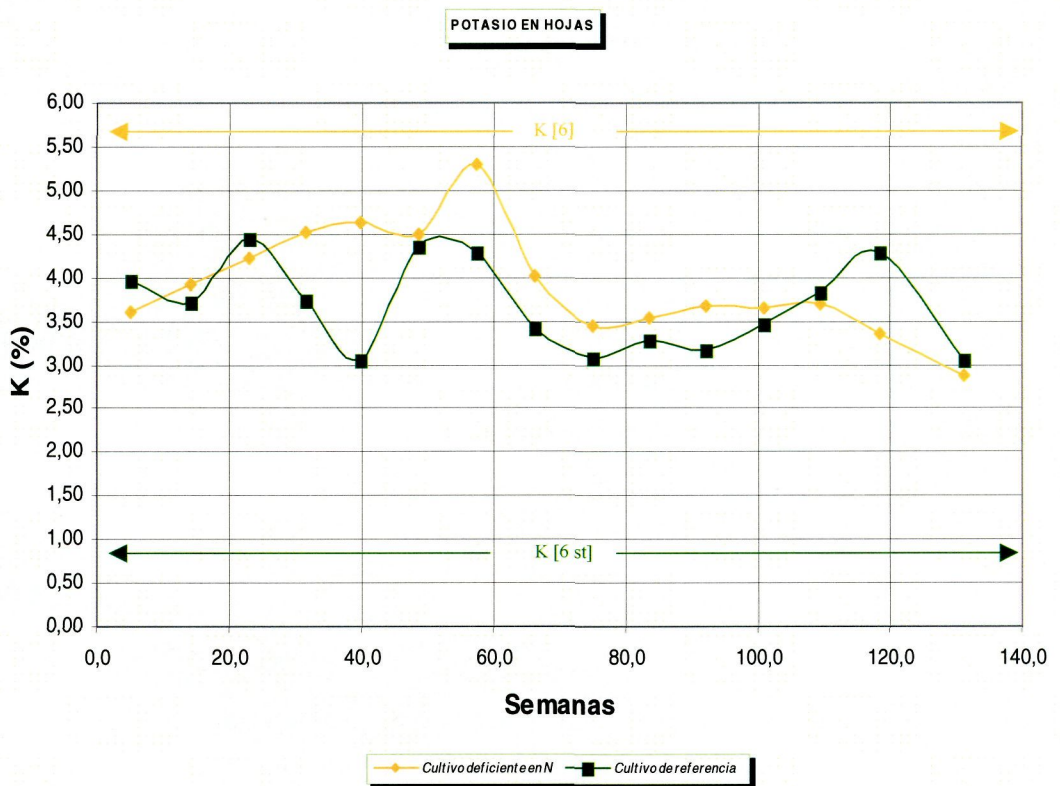


Fig. 28. Contenido de K de la hoja (% de materia seca) en la deficiencia en N, K [6], y en el cultivo estándar, K [6 st]. K [6]: 6 meq·L<sup>-1</sup> de K<sup>+</sup> en la solución nutritiva; K [6 st]: 6 meq·L<sup>-1</sup> de K<sup>+</sup> en la solución nutritiva estándar.

---

Se puede observar que, aun siendo la dosificación de K en los dos cultivos, el contenido de este nutriente en la hoja difiere en el periodo 1, (N [0], P [1.25], K [6]), y en el 2, (N [2], P [0.5], K [6]) y éstos a su vez con el valor que presenta el cultivo estándar, (N [6 st], P [0.5 st], K [6 st]).

En el periodo de carencia de N en la solución nutritiva, el cultivo presentó una concentración de potasio en la hoja comprendida entre 3.61 y 5.30 % de K, con un valor medio de 4.4 % K, dicha concentración parece aumentar a medida que transcurre la experiencia. Estos valores son ligeramente superiores a los recomendados por la bibliografía consultada como niveles adecuados para un óptimo desarrollo de la planta (tabla 28)

Durante el periodo en el que este cultivo estuvo nutrido con 2 meq/L de  $\text{NO}_3^-$  en la solución nutritiva los niveles de potasio en la hoja disminuyeron, tomando ahora valores comprendidos entre 2.87 y 4.03 % de K, con un valor medio de 3.53 % K. Estos niveles son similares a la mayoría de los señalados en la tabla 28, lo cual indica que, en lo que a la cantidad de potasio en la hoja se refiere, el cultivo durante este segundo periodo presentó los valores adecuados en hojas.

El valor medio de la concentración foliar de potasio en el cultivo deficiente en nitrógeno y en el cultivo estándar están indicados en la tabla 32.

Si comparamos los valores medios obtenidos en los periodos 1 y 2 con el obtenido en el cultivo estándar, se observa que durante la carencia en  $\text{NO}_3^-$  el nivel de potasio en la hoja es sensiblemente mayor con  $p < 0.01$ , mientras que durante la deficiencia es ligeramente inferior, si bien la diferencia entre ambos valores no es significativa.

PERIODO	DEFICIENCIA EN NITRÓGENO (% K)	CULTIVO DE REFERENCIA (% K)
<b>Periodo 1</b>		
<b>Def. en N: K [6]</b>	4.4 <sup>a</sup> (0.1)	3.69 <sup>c</sup> (0.08) S <sup>ac</sup> , p<0.01
<b>Cultivo st: K [6 st]</b>		
<b>Periodo 2</b>		
<b>Def. en N: K [6]</b>	3.53 <sup>b</sup> (0.08)	
<b>Cultivo st: K [6 st]</b>		

Tabla 32. Contenido de K en la hoja (% de materia seca) en los cultivos deficiente en N y de referencia. K [6]: 6 meq·L<sup>-1</sup> de K<sup>+</sup> en la solución nutritiva; K [6 st]: 6 meq·L<sup>-1</sup> de K<sup>+</sup> en la solución nutritiva estándar.

En el **periodo 1**, este hecho puede ser debido a una o a las dos variables siguientes:

- Los aumentos de la fertilización con fósforo aumentan el contenido de potasio en la hoja. Con relación a esta cuestión la bibliografía consultada señala precisamente lo contrario, es decir señala un antagonismo entre ambos nutrientes [Hewitt (1955), Murray (1960)]
- La carencia de nitrógeno en la fertilización aumenta la concentración de potasio en la hoja. Con relación a esta cuestión la bibliografía consultada refiere diversidad de criterios; para algunos autores la deficiencia de N induce a aumentos de K en la hoja [Lahav y Turner (1992)], Vargas y Solís (1998) en cultivo hidropónico], mientras que para otros ocurre lo contrario [Arunachalan et al. (1976), Ray et al. (1988)].



La observación de los valores del **periodo 2** parece indicar que una deficiencia de N en la nutrición de la planta tiende a inducir, con el tiempo, a una disminución en el contenido de K de la hoja.

### ***EFFECTO SOBRE LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE HIERRO***

En la figura 29 se exponen los resultados de las determinaciones de hierro del cultivo deficiente en nitrógeno y del cultivo de referencia. Como en los casos anteriores, cada una de las medidas es la media de las cuatro repeticiones de que consta el experimento.

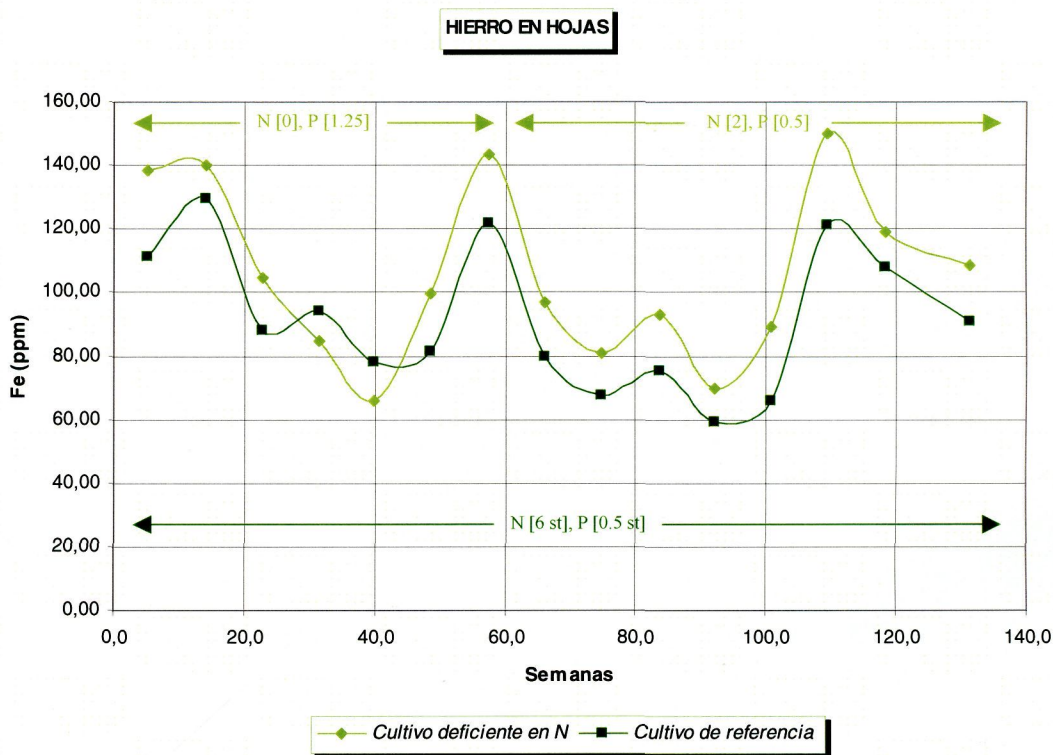


Fig. 29. Contenido de Fe de la hoja (ppm) en la deficiencia en N, (N [0], P [1.25]) y (N [2], P [0.5]), y en el cultivo estándar, (N [6 st], P [0.5 st]). N [0] y N [2]: 0 y 2 meq·L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; P [1.25] y P [0.5]: 1.25 y 0.5 meq·L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; N [6 st]: 6 meq·L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución estándar; P [0.5 st]: 0.5 meq·L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva estándar.

Los valores de hierro en la hoja del cultivo deficiente en nitrógeno variaron entre 65.7 y 149.9 ppm de Fe, siendo siempre superiores a los del cultivo de referencia y, por tanto, tal y como ya hemos comentado al analizar el contenido de este micronutriente en el cultivo, están todos por encima de los valores adecuados en hojas que recomienda la bibliografía.

El valor medio de la concentración foliar de hierro en el cultivo deficiente en nitrógeno y en el cultivo estándar están indicados en la tabla 33.

<b>PERIODO</b>	<b>DEFICIENCIA EN NITRÓGENO Fe (ppm)</b>	<b>CULTIVO DE REFERENCIA Fe (ppm)</b>
<b>Periodo 1</b>  <b>Def. en N: K [6]</b> <b>Cultivo st: K [6 st]</b>	111 <sup>a</sup> (7)	92 <sup>c</sup> (3)  S <sup>ac</sup> , p<0.01
<b>Periodo 2</b>  <b>Def. en N: K [6]</b> <b>Cultivo st: K [6 st]</b>	101 <sup>b</sup> (6)	

Tabla 33. Contenido de Fe de la hoja (ppm) en la deficiencia en N, (N [0], P [1.25]) y (N [2], P [0.5]), y en el cultivo estándar, (N [6 st], P [0.5 st], N [0] y N [2]: 0 y 2 meq·L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; P [1.25] y P [0.5]: 1.25 y 0.5 meq·L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; N [6 st]: 6 meq·L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución estándar; P [0.5 st]: 0.5 meq·L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva estándar.

El cultivo carente en nitrógeno presentó un contenido medio de hierro en hojas mayor en el periodo 1 que en el 2, aunque la diferencia entre ambos periodos no fue significativa, mientras que el valor medio de la concentración de hierro en la hoja del cultivo carente en nitrógeno, N [0], y el de referencia fue significativamente mayor. Si comparamos estos resultados con los obtenidos para el % N en la deficiencia nitrógeno, se observa que al aumentar el nitrógeno en la hoja disminuye el hierro, no

registrándose las correlaciones positivas entre el nitrógeno y el hierro que encuentran Díaz et al. (1976) en plantas de banano y Fernández Caldas et al. (1974) en “strelitzia reginae”, sino lo contrario.

Los resultados hallados parecen indicar que la mayor concentración de hierro en la hoja del cultivo deficiente en nitrógeno es debida al mal estado nutricional en el que se encuentra la planta.

En cuanto al efecto que ejerce la temperatura ambiente y los periodos de parición del cultivo en el contenido de hierro en la hoja, se observa, figura 30, un comportamiento similar en ambos cultivos, lo que confirma las conclusiones ya expuestas para el cultivo de referencia.

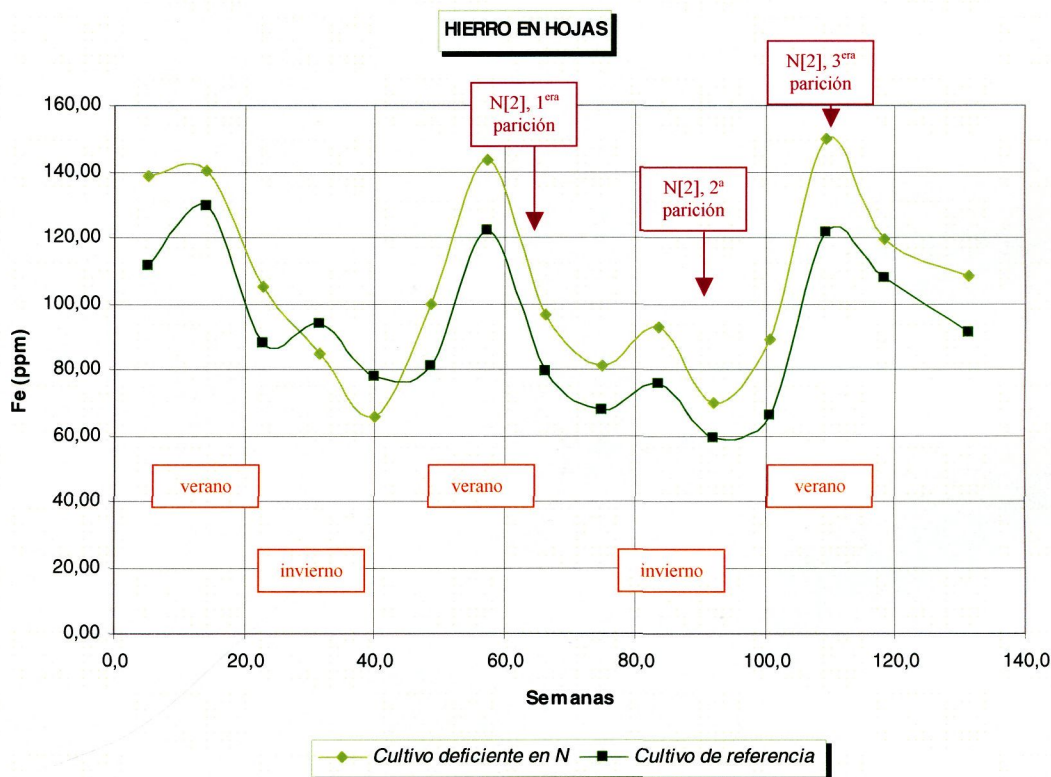


Fig. 30. Periodo de parición y cambios estacionales en relación con la absorción de Fe por el cultivo deficiente en N

Se observa que durante el primer periodo el cultivo deficiente en nitrógeno absorbe hierro en la estación de verano. Durante el invierno la planta no pare, no observándose ningún incremento del contenido de este micronutriente en la hoja. En el segundo periodo se producen los aumentos correspondientes a las épocas de parición y a las épocas de más temperatura del año.

### EFFECTO SOBRE LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE MANGANESO

En la figura 31 se exponen los resultados de las determinaciones de manganeso del cultivo deficiente en nitrógeno y del cultivo de referencia.

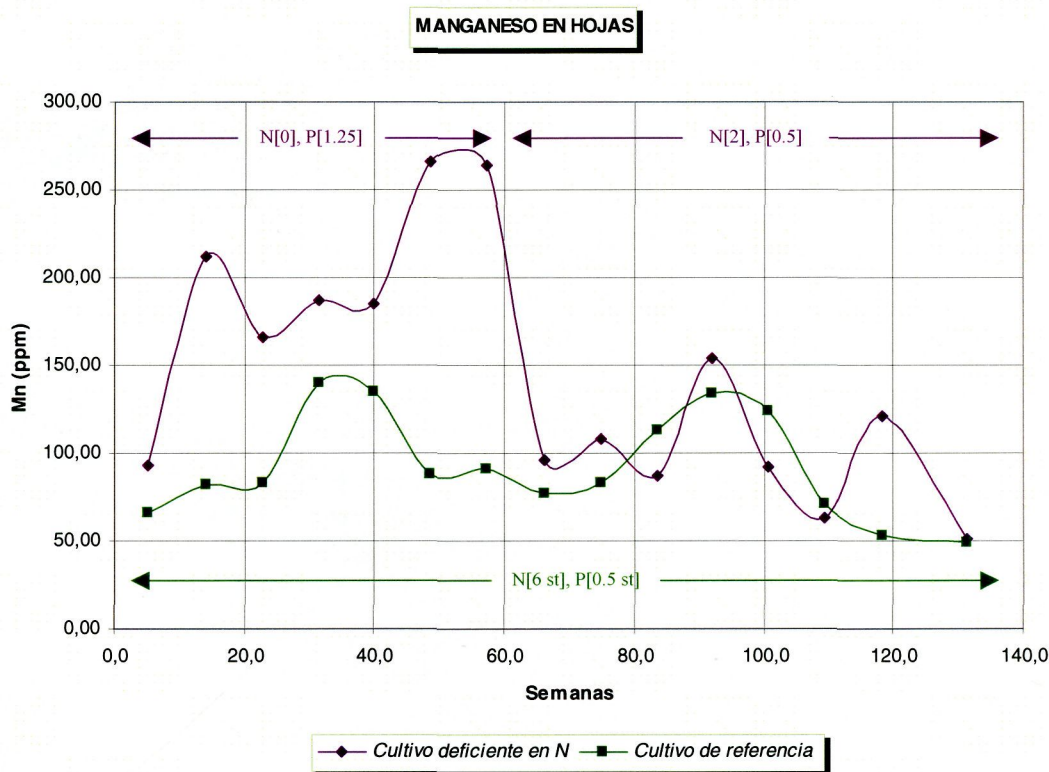


Fig. 31. Contenido de Mn de la hoja (ppm) en la deficiencia en N y en el cultivo estándar. N [0] y N [2]: 0 y 2 meq·L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; P [1.25] y P [0.5]: 1.25 y 0.5 meq·L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; N [6 st]: 6 meq·L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución estándar; P [0.5 st]: 0.5 meq·L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva estándar

Si comparamos los valores de manganeso en la hoja obtenidos en el cultivo deficiente en nitrógeno, se observa que durante el periodo de carencia, N [0], son sensiblemente mayores que en el periodo en el que la solución nutritiva contenía 2 meq·L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. De la comparación de estos valores con los del cultivo de referencia se desprende que son sensiblemente mayores durante la primera fase del cultivo y son semejantes durante la segunda.

El valor medio de la concentración de manganeso en ambos cultivos está indicado en la siguiente tabla, tabla 34, donde se comprueba que el valor medio de la concentración de manganeso en el cultivo deficiente en nitrógeno es significativamente mayor que en el cultivo de referencia durante el primer periodo, no obteniéndose diferencias significativas en la segunda fase de la experiencia.

<b>PERIODO</b>	<b>DEFICIENCIA EN NITRÓGENO Mn (ppm)</b>	<b>CULTIVO DE REFERENCIA Mn (ppm)</b>
<b>Periodo 1</b> <b>Def. en N: N[0], P[1.25]</b> <b>Cultivo st: N[6 st], P[0.5 st]</b>	196 <sup>a</sup> (12)	93 <sup>c</sup> (5) S <sup>ac</sup> , p<0.01
<b>Periodo 2</b> <b>Def. en N: N[2], P[0.5]</b> <b>Cultivo st: N[6 st], P[0.5 st]</b>	97 <sup>b</sup> (7)	

Tabla 34. Contenido de Mn de la hoja (ppm) en la deficiencia en N y en el cultivo estándar. N [0] y N [2]: 0 y 2 meq·L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; P [1.25] y P [0.5]: 1.25 y 0.5 meq·L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; N [6 st]: 6 meq·L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución estándar; P [0.5 st]: 0.5 meq·L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva estándar.

No se encuentran en esta experiencia la relación positiva entre el manganeso y el nitrógeno en la hoja que indican Díaz et al. (1976) en este cultivo y

Fernández Caldas et al. (1974) en “*strelitzia reginae*”, mientras que los resultados hallados parecen indicar que la carencia de nitrógeno en la fertilización, o los altos contenidos de fósforo, contribuye a una acumulación de manganeso en la hoja. En relación a este último aspecto, Vargas y Solís (1998) encuentran que en cultivo hidropónico, la carencia de nitrógeno aumenta de forma notable el nivel de manganeso en la hoja, si bien el aumento que nosotros hemos hallado es considerablemente menor que el que indican estos autores. Por otra parte, en la bibliografía consultada no se han encontrado referencias que mencionen relaciones entre los distintos niveles de fósforo en la hoja o en el medio de cultivo y la concentración de manganeso en la hoja.

### ***EFECTO SOBRE LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE ZINC***

En la figura 32 se exponen los resultados de las determinaciones de zinc en la hoja del cultivo deficiente en nitrógeno y del cultivo de referencia.

En lo que al cultivo deficiente en nitrógeno se refiere, se observa que durante la carencia en nitrógeno, el contenido de zinc es menor. A partir del momento en que se añaden  $2 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  a la solución nutritiva, aumenta ligeramente. Por otra parte, en ambos casos la concentración de zinc en la hoja del cultivo deficiente en nitrógeno es siempre inferior a la del cultivo de referencia, aunque siempre superior al valor de 18 ppm que propone la bibliografía consultada como valor crítico de este micronutriente en esta parte de la planta [Lahav y Turner (1992), Wortmann et al. (1994)].

Los valores medios de la concentración foliar de zinc en ambos cultivos, tabla 35, indican que si bien las medias del cultivo que fue regado con las soluciones N [0] y N [2] están muy próximas, la diferencia entre ambas es significativa, siendo estas a su vez también significativas con la del cultivo de referencia. Esto es, la deficiencia en nitrógeno produce una disminución de la concentración de zinc en la hoja.

Esto último está de acuerdo la bibliografía consultada indica que indica una relación positiva entre ambos nutrientes en la hoja [Díaz et al. (1976)].

En este trabajo no se observa de modo claro la fuerte interacción entre el fósforo y el zinc en la hoja, ampliamente mencionada en la bibliografía del banano. En este sentido merecen citarse los trabajos en cultivo hidropónico de Charpentier y Martin Prevel (1965) y Vargas y Solís (1998). Tampoco se observa la relación positiva que encuentran Díaz et al (1976) en condiciones de campo.

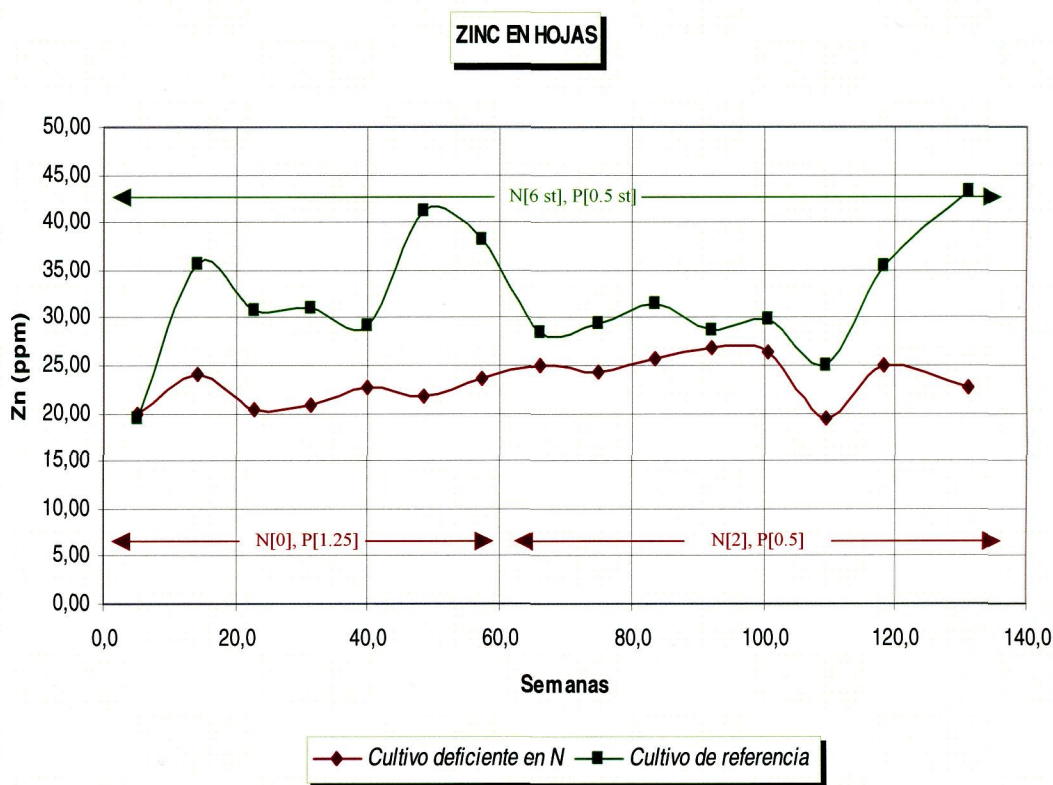


Fig. 32. Contenido de Z de la hoja (ppm) en la deficiencia en N y en el cultivo estándar. N [0] y N [2]: 0 y 2 meq·L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; P [1.25] y P [0.5]: 1.25 y 0.5 meq·L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; N [6 st]: 6 meq·L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución estándar; P [0.5 st]: 0.5 meq·L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva estándar

<b>PERIODO</b>	<b>DEFICIENCIA EN NITRÓGENO Zn (ppm)</b>	<b>CULTIVO DE REFERENCIA Zn (ppm)</b>
<b>Periodo 1</b>  <b>Def. en N: N[0], P[1.25]</b> <b>Cultivo st: N[6 st], P[0.5 st]</b>	21.9 <sup>a</sup> (0.5)	32 <sup>c</sup> (1) S <sup>abc</sup> , p<0.01
<b>Periodo 2</b>  <b>Def. en N: N[2], P[0.5]</b> <b>Cultivo st: N[6 st], P[0.5 st]</b>	24.4 <sup>b</sup> (0.7) S <sup>ab</sup> , p<0.01	

Tabla 35. Contenido de Zn de la hoja (ppm) en la deficiencia en N y en el cultivo estándar. N [0] y N [2]: 0 y 2 meq·L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; P [1.25] y P [0.5]: 1.25 y 0.5 meq·L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; N [6 st]: 6 meq·L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución estándar; P [0.5 st]: 0.5 meq·L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva estándar.

### ***EFEECTO SOBRE LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE COBRE***

En la figura 33 se exponen los resultados de las determinaciones de cobre en la hoja del cultivo deficiente en nitrógeno y del cultivo de referencia. Se observa que durante todo el periodo de tiempo que duró la experiencia, el cultivo deficiente en nitrógeno presentó concentraciones foliares superiores al de referencia.

Durante el periodo de carencia en nitrógeno, periodo N [0], las concentraciones de cobre en la hoja fueron superiores al valor crítico, 9 ppm, que proponen para este micronutriente Lahav y Turner (1992). Durante el segundo periodo, N [2], los niveles de cobre fueron inferiores a dicho valor.

En la tabla 36 están indicadas las concentraciones medias de cobre en la hoja en ambos cultivos. Se observa que los valores medios de la concentración de cobre en ambos periodos difieren significativamente. Cuando comparamos dichos valores con



el del cultivo de referencia se obtiene que la diferencia entre los mismos es significativa en el primer periodo, no obteniéndose diferencias significativas en el segundo, aún cuando en la figura 33 se aprecia un evidente aumento en el contenido de cobre en la hoja en la deficiencia de nitrógeno.

Esto último deriva de la gran dispersión que presentan los valores individuales del contenido de micronutrientes en la parte de la hoja analizada, que en este caso se hace todavía más patente, y confirma la poca eficacia del limbo de la hoja III como muestra de referencia para establecer el estado nutricional de micronutrientes, ya indicada al tratar los micronutrientes en el apartado dedicado al cultivo de referencia.

Estas consideraciones nos llevan a tomar los valores medios hallados en ambos cultivos con las debidas objeciones. Si bien lo que sí parece derivarse, tanto de los valores individuales como de las concentraciones medias, es que en la deficiencia en nitrógeno el contenido de cobre en la hoja es mayor que en el cultivo de referencia.

<b>PERIODO</b>	<b>DEFICIENCIA EN NITRÓGENO Cu (ppm)</b>	<b>CULTIVO DE REFERENCIA Cu (ppm)</b>
<b>Periodo 1</b>  <b>Def. en N: N[0], P[1.25]</b> <b>Cultivo st: N[6 st], P[0.5 st]</b>	10.2 <sup>a</sup> (0.3)	6.3 <sup>c</sup> (0.5)  S <sup>ac</sup> , p<0.01
<b>Periodo 2</b>  <b>Def. en N: N[2], P[0.5]</b> <b>Cultivo st: N[6 st], P[0.5 st]</b>	6.6 <sup>b</sup> (0.5)	

Tabla 36. Contenido de Cu de la hoja (ppm) en la deficiencia en N y en el cultivo estándar. N [0] y N [2]: 0 y 2 meq·L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; P [1.25] y P [0.5]: 1.25 y 0.5 meq·L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; N [6 st]: 6 meq·L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución estándar; P [0.5 st]: 0.5 meq·L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva estándar.

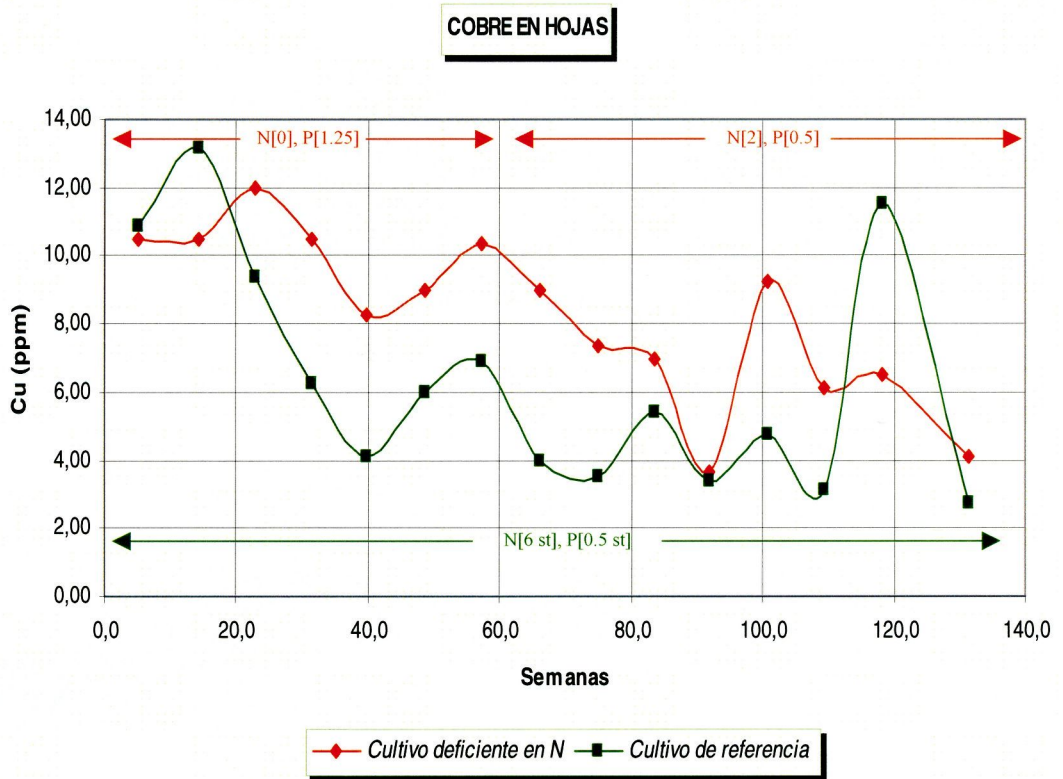


Fig. 33. Contenido de Zn de la hoja (ppm) en la deficiencia en N y en el cultivo estándar. N [0] y N [2]: 0 y 2 meq·L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; P [1.25] y P [0.5]: 1.25 y 0.5 meq·L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; N [6 st]: 6 meq·L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución estándar; P [0.5 st]: 0.5 meq·L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva estándar.

## DEFICIENCIA EN FÓSFORO

### EFFECTO SOBRE LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE NITRÓGENO

En la figura 34 se exponen las determinaciones de nitrógeno en la hoja (% de N en materia seca) del cultivo deficiente en fósforo, N [6] y del cultivo regado con la solución nutritiva estándar, N [6 st].

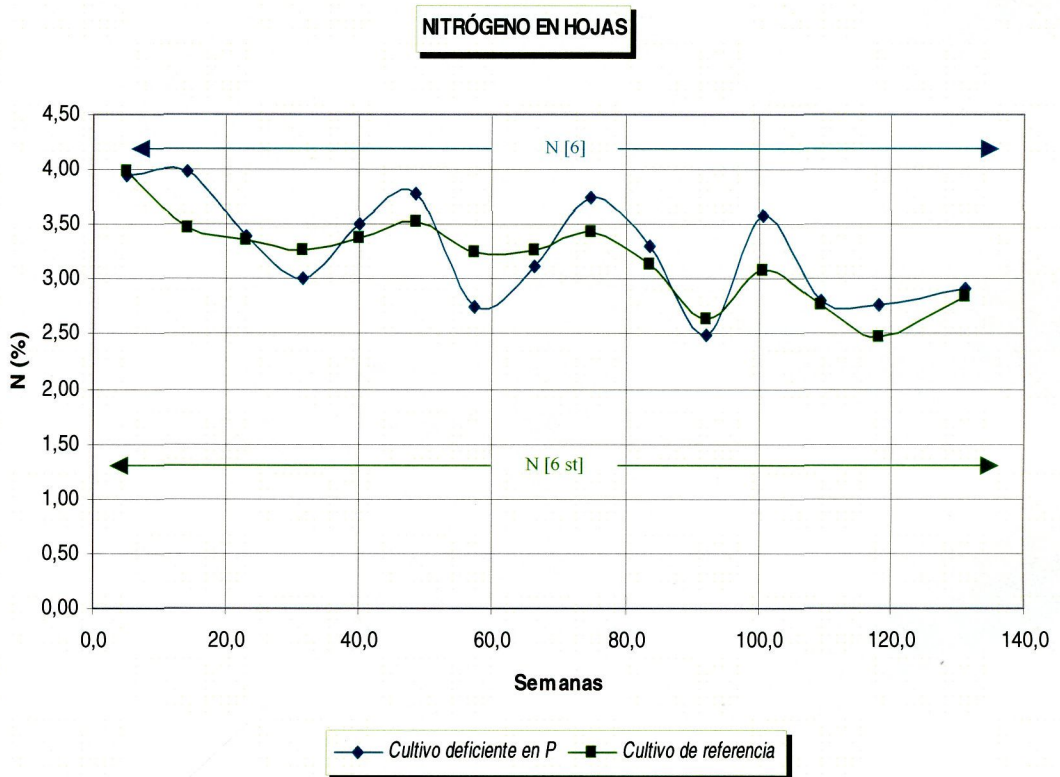


Fig. 34. Contenido de N de la hoja (% de materia seca) en la deficiencia en P, P [0] y en el cultivo estándar. N [6]:  $6 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$  en la solución nutritiva; N [6 st]:  $6 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$  en la solución nutritiva estándar.

La representación gráfica de los datos indica que el contenido en nitrógeno del cultivo carente en fósforo tiende a ser ligeramente mayor que en el estándar, si bien la diferencia entre ambas medias no difiere significativamente, estando comprendidos los valores individuales entre 3.01 y 3.96 % de N. Este resultado es básicamente el mismo que el hallado por Vargas y Solís (1998) en cultivo hidropónico.

Los valores medios de la concentración foliar de nitrógeno en los dos cultivos están indicados en la tabla 37.

<b>CULTIVO</b>	<b>VALORES MEDIOS (% N)</b>
<b>Def. en P: N [6]</b>	3.27 <sup>a</sup> (0.07)
<b>Cultivo st: N [6 st]</b>	3.19 <sup>b</sup> (0.06) S <sup>ab</sup> , p<0.01

Tabla 37. Contenido de P en la hoja (% de materia seca) en los cultivos deficiente en P y de referencia. N [6]: 6 meq·L<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; N [6 st]: 6 meq·L<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva estándar.

Tanto los valores individuales como el valor medio del cultivo deficiente en fósforo están ligeramente por encima del margen superior que recomienda la bibliografía consultada como valor crítico de nitrógeno para este cultivo. Hecho que, por otra parte, también ocurre con el cultivo de referencia.

La diferencia entre ambas medias no es significativa y, si atendemos a los buenos resultados en cuanto a crecimiento y producción obtenidos con el cultivo de referencia, podemos concluir:

- El cultivo carente en fósforo tiene una adecuada nutrición nitrogenada

- La carencia de fósforo en la solución de riego no afecta al contenido de nitrógeno en la planta.

### ***EFFECTO SOBRE LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE FÓSFORO***

En la figura 35 están representadas las determinaciones de fósforo en la hoja (% de P en materia seca) del cultivo carente en fósforo, P [0] y del cultivo estándar, P [0.5 st]

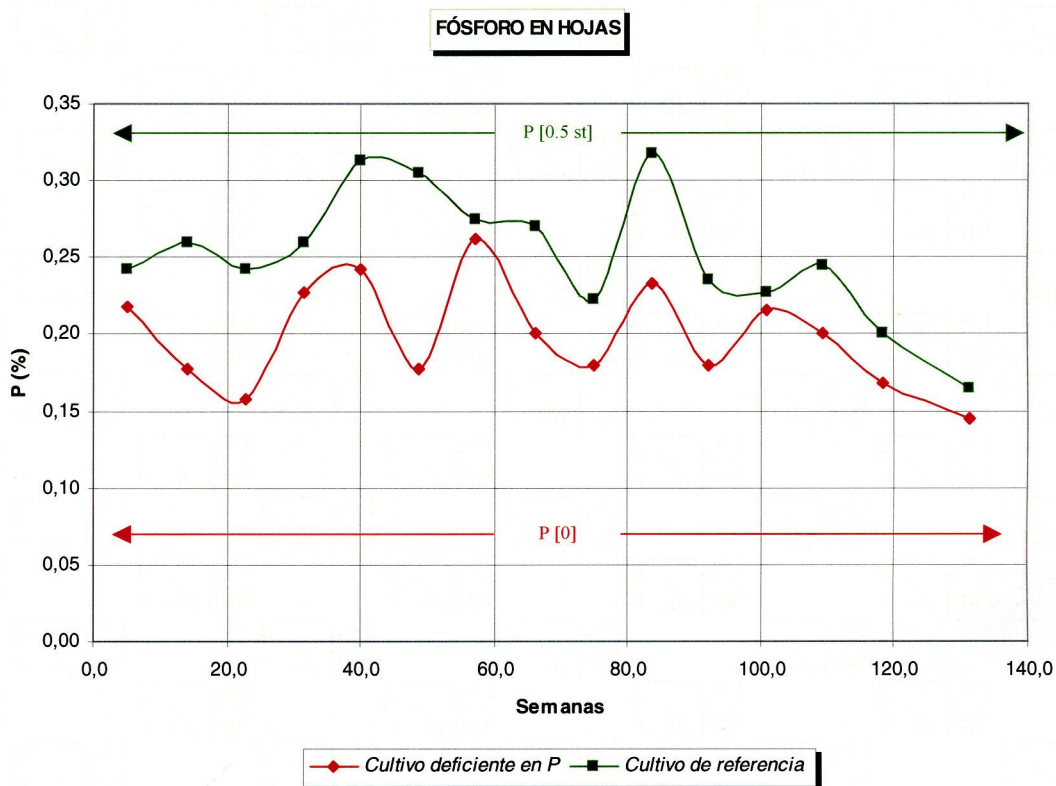


Fig. 35. Contenido de P de la hoja (% de materia seca) en la deficiencia en P, P [0] y en el cultivo estándar. P [0]:  $0 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva; P [0.5 st]:  $0.5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva estándar.

Se observa que el cultivo deficiente en fósforo presentó siempre valores individuales del contenido de este nutriente en la hoja, inferiores a los del cultivo de referencia. Dichos valores están comprendidos entre 0.15 y 0.26 % de P, estando la mayoría de ellos por encima de 0.20 % de P, valor que se corresponde con el valor crítico de este nutriente en la hoja recomendado por algunos autores, tabla 27.

Los valores medios de la concentración foliar de fósforo en los ambos cultivos están indicados en la tabla 38.

<b>CULTIVO</b>	<b>VALORES MEDIOS (% P)</b>
<b>Def. en P: P [0]</b>	0.20 <sup>a</sup> (0.01)
<b>Cultivo st: P [0.5 st]</b>	0.25 <sup>b</sup> (0.01) S <sup>ab</sup> , p<0.01

Tabla 38. Contenido de P en la hoja (% de materia seca) en los cultivos deficiente en P y de referencia. P [0]: 0 meq·L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; P [0.5 st]: 0.5 meq·L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva estándar.

Se observa que la carencia de fósforo en la solución nutriente produce una disminución del 20 % en el contenido de fósforo de la hoja en relación con el cultivo de referencia, estando ambos valores medios muy próximos. Esta disminución es mucho menor que la indican Vargas y Solís (1998) bajo situación de carencia de fósforo en cultivo hidropónico, si bien estos autores utilizaron en su trabajo como disolución de referencia la solución nutritiva de Hoagland y Arnon, que contiene 2 meq·L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, cantidad mucho mayor que la que nosotros utilizamos, 0.5 meq·L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>.

Por otra parte, el nivel de fósforo en el cultivo carente en dicho nutriente, 0.20 (0.01) % P, está por encima del nivel de carencia del 0.14 % P que indican Lacoecilhe y Godefroy (1971) en condiciones de campo.

---

Los resultados indican que, a pesar de haber obtenido una concentración media de fósforo en la hoja menor en el cultivo deficiente en fósforo que en el cultivo de referencia con un alto grado de significación, la proximidad de ambos valores medios, así como el hecho de que el cultivo P [0] presente valores que se pueden encuadrar dentro de los niveles críticos de este nutriente señalados en la bibliografía, es imposible detectar esta situación de carencia mediante análisis foliar. Es decir, las disminuciones del contenido de fósforo en la hoja bajo carencia de este nutriente son tan pequeñas que impiden fijar la situación de carencia.

Esto último está de acuerdo con los trabajos realizados por Lacoeyille y Martin Prevel (1971a) en cultivo hidropónico.

Por otra parte, hay que destacar que este cultivo no mostró síntomas visuales en hojas de deficiencia en fósforo, produciendo racimos de buena calidad, aunque de menor peso que los del cultivo de referencia, por lo que, al final de la experiencia, se decidió nutrirlo con una solución idéntica a la estándar, para observar si se manifestaban variaciones en cuanto a crecimiento y producción que reflejaran el aumento de la nutrición con fósforo. Los detalles de esta última parte de la experiencia están incluidos en el apartado de este capítulo dedicado a los parámetros de producción.

### ***EFFECTO SOBRE LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE POTASIO***

En la figura 36 están representadas las determinaciones de potasio (% de K en materia seca) del cultivo carente en fósforo, K [6] y del cultivo de referencia, K [6 st].

En la deficiencia en fósforo, los valores individuales del contenido de K en la hoja variaron entre 3.34 y 4.18 %, los cuales se encuentran dentro de los valores críticos que señala la bibliografía para dicho nutriente en este cultivo.

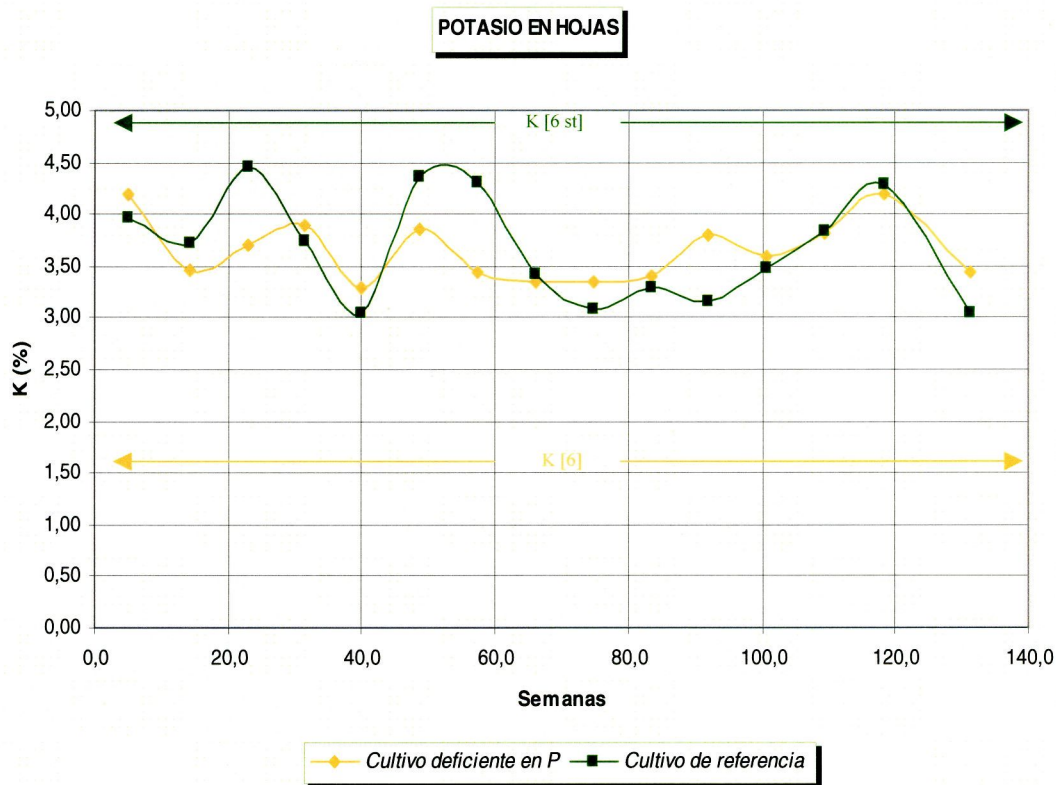


Fig. 36. Contenido de K de la hoja (% de materia seca) en la deficiencia en P, P [0] y en el cultivo estándar. K [6]:  $6 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{ K}^{+}$  en la solución nutritiva; K [6 st]:  $6 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{ K}^{+}$  en la solución nutritiva estándar.

Los valores medios de la concentración foliar de potasio en los cultivos P [0] y [st] están indicados en la tabla 39, donde se observa que el contenido de potasio en la hoja en el cultivo carente en fósforo es ligeramente menor, si bien la diferencia entre ambas medias no es significativa.

A la vista de los resultados obtenidos, podemos concluir que la carencia de fósforo en la nutrición del banano no afecta al contenido de potasio en la hoja.



<b>CULTIVO</b>	<b>VALORES MEDIOS (% K)</b>
<b>Def. en P: K [6]</b>	3.65 <sup>a</sup> (0.08)
<b>Cultivo st: K [6 st]</b>	3.69 <sup>b</sup> (0.08) S <sup>ab</sup> , p<0.01

Tabla 39. Contenido de K en la hoja (% de materia seca) en los cultivos deficiente en P y de referencia. K [6]: 6 meq·L<sup>-1</sup> K<sup>+</sup> en la solución nutritiva; P [6 st]: 6 meq·L<sup>-1</sup> K<sup>+</sup> en la solución nutritiva estándar.

### ***EFECTO SOBRE LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE HIERRO***

En la figura 37 se exponen los resultados de las determinaciones de hierro en la hoja del cultivo deficiente en fósforo y del cultivo de referencia.

Los valores del contenido de hierro en la hoja variaron entre 55.9 y 103.2 ppm, estando la práctica totalidad de los mismos por encima del nivel de 80 ppm de Fe, que es el que señala la bibliografía como valor crítico para este cultivo, y tienden a ser inferiores, sobre todo en las épocas de mayor absorción de hierro, que los del cultivo de referencia.

La bibliografía consultada no hace mención de la influencia de los distintos niveles de fósforo en la nutrición sobre el contenido de hierro en hoja. Los valores medios por nosotros encontrados indican, tabla 40, que si bien el contenido de este micronutriente en la hoja es menor en el cultivo carente de fósforo en su nutrición, la diferencia de medias entre dicho cultivo y el de referencia no es significativa.

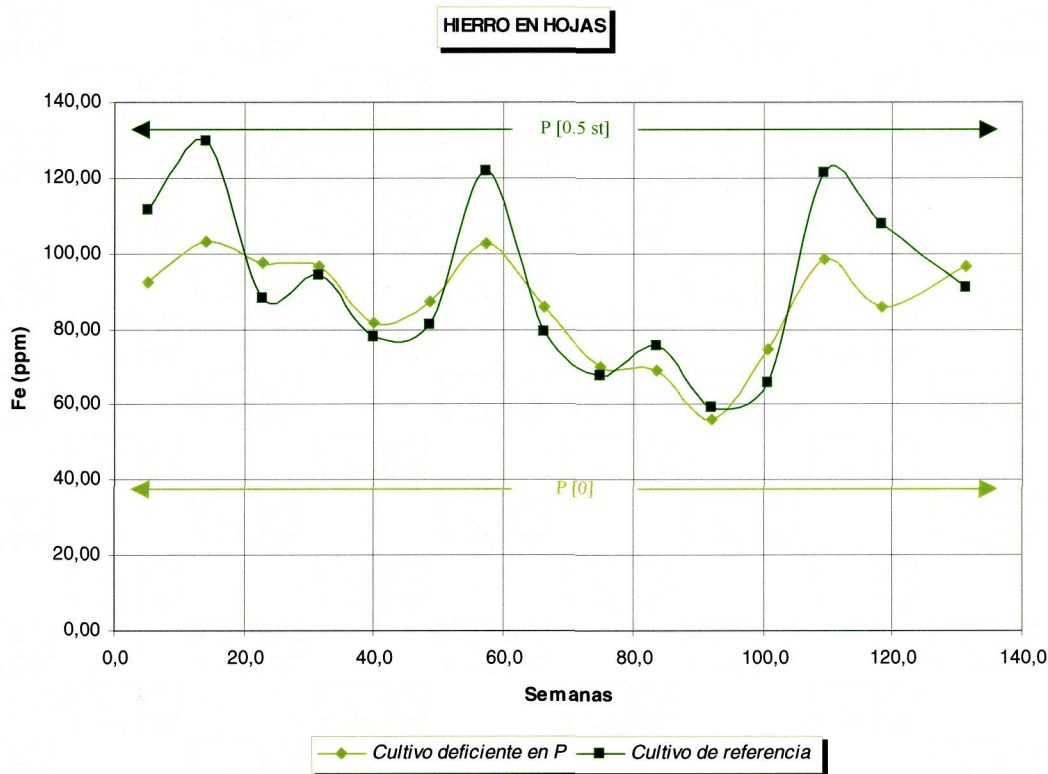


Fig. 37. Contenido de Fe de la hoja en la deficiencia en P, P [0] y en el cultivo estándar. P [0]:  $0 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva; P [0.5 st]:  $0.5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva estándar.

CULTIVO	VALORES MEDIOS
	Fe (ppm)
<b>Def. en P: P [0]</b>	86 <sup>a</sup> (2)
<b>Cultivo st: P [0.5 st]</b>	92 <sup>b</sup> (3) S <sup>ab</sup> , (NS)

Tabla 40. Contenido de Fe en la hoja en los cultivos deficiente en P y de referencia. P [0]:  $0 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva; P [0.5 st]:  $0.5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva estándar.

En la figura 38 están representados los periodos de parición del cultivo y los cambios de la temperatura ambiente en relación con el contenido foliar de hierro.

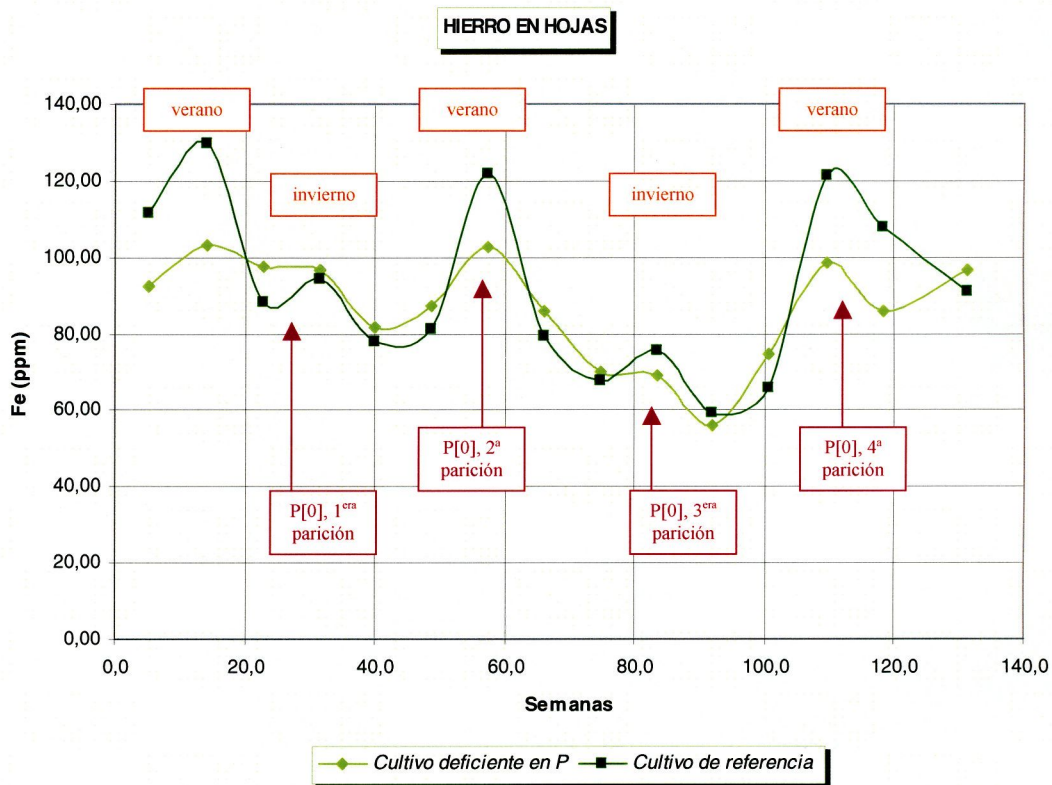


Fig. 38. Periodo de parición y cambios estacionales en relación con la absorción de Fe por el cultivo deficiente en fósforo

Si comparamos esta figura con la correspondiente del cultivo de referencia, figura 22, se observa que en la época de parición correspondiente a los meses de invierno, el contenido de hierro del cultivo carente de fósforo en su nutrición no experimenta el aumento observado en el de referencia, si bien permanece estable en relación con la medida anterior.

### EFFECTO SOBRE LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE MANGANESO

En la figura 39 se exponen los resultados de las determinaciones de manganeso del cultivo deficiente en fósforo y del cultivo de referencia.

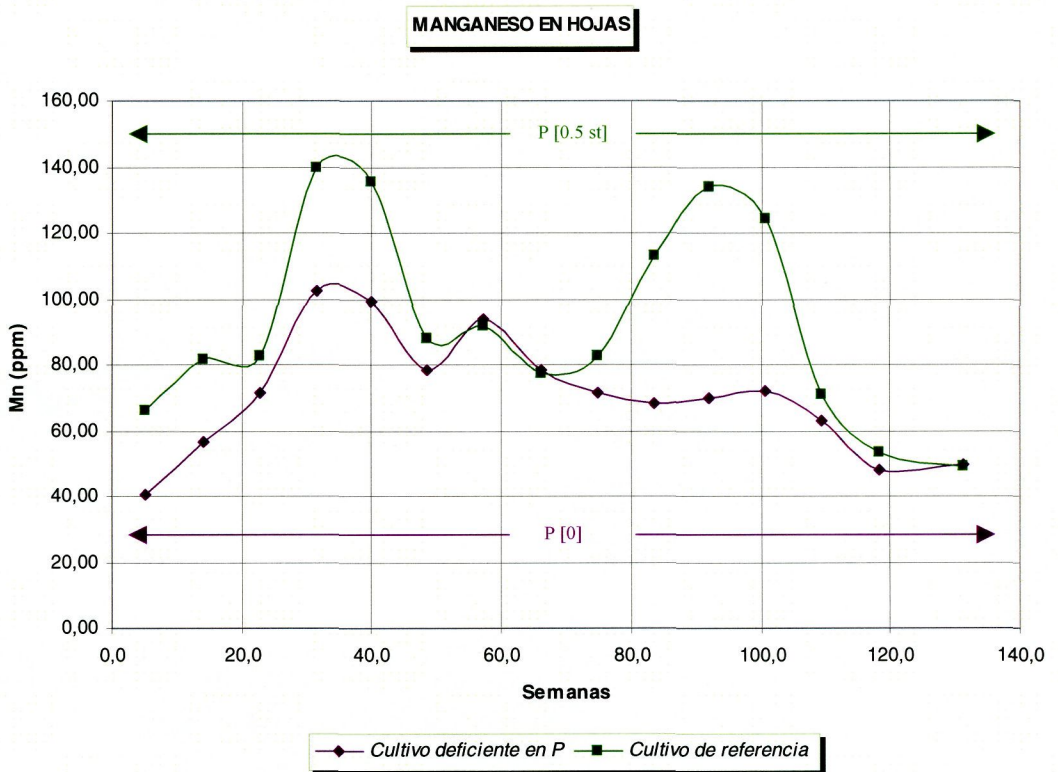


Fig. 39. Contenido de Mn de la hoja en la deficiencia en P, P [0] y en el cultivo estándar. P [0]:  $0 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{ H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva; P [0.5 st]:  $0.5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{ H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva estándar.

Se observa que los contenidos de manganeso en la hoja son menores en el cultivo deficiente en fósforo, estando comprendidos los mismos entre 40.6 y 102.4 ppm.

Los valores medios de la concentración de manganeso en ambos cultivos están indicados en la tabla 41, en la que queda confirmado que la concentración foliar de manganeso es menor cuando el cultivo carece de fósforo en su nutrición.

<b>CULTIVO</b>	<b>VALORES MEDIOS Mn (ppm)</b>
<b>Def. en P: P [0]</b>	71 <sup>a</sup> (3)
<b>Cultivo st: P [0.5 st]</b>	93 <sup>b</sup> (5) S <sup>ab</sup> , p<0.01

Tabla 41. Contenido de Mn en la hoja en los cultivos deficiente en P y de referencia. P [0]: 0 meq·L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; P [0.5 st]: 0.5 meq·L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva estándar.

Los resultados del contenido de manganeso en la hoja expuestos aquí junto con los ya descritos para este micronutriente en el apartado dedicado al cultivo deficiente en nitrógeno, indican que el manganeso y el fósforo aumentan y disminuyen paralelamente en la hoja.

La disminución del contenido de manganeso en la hoja bajo situación de carencia de fósforo también ha sido registrada por Vargas y Solís (1998) en cultivo hidropónico.

## EFFECTO SOBRE LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE ZINC

En la figura 40 se exponen los resultados de las determinaciones de zinc en la hoja del cultivo deficiente en fósforo y del cultivo de referencia.

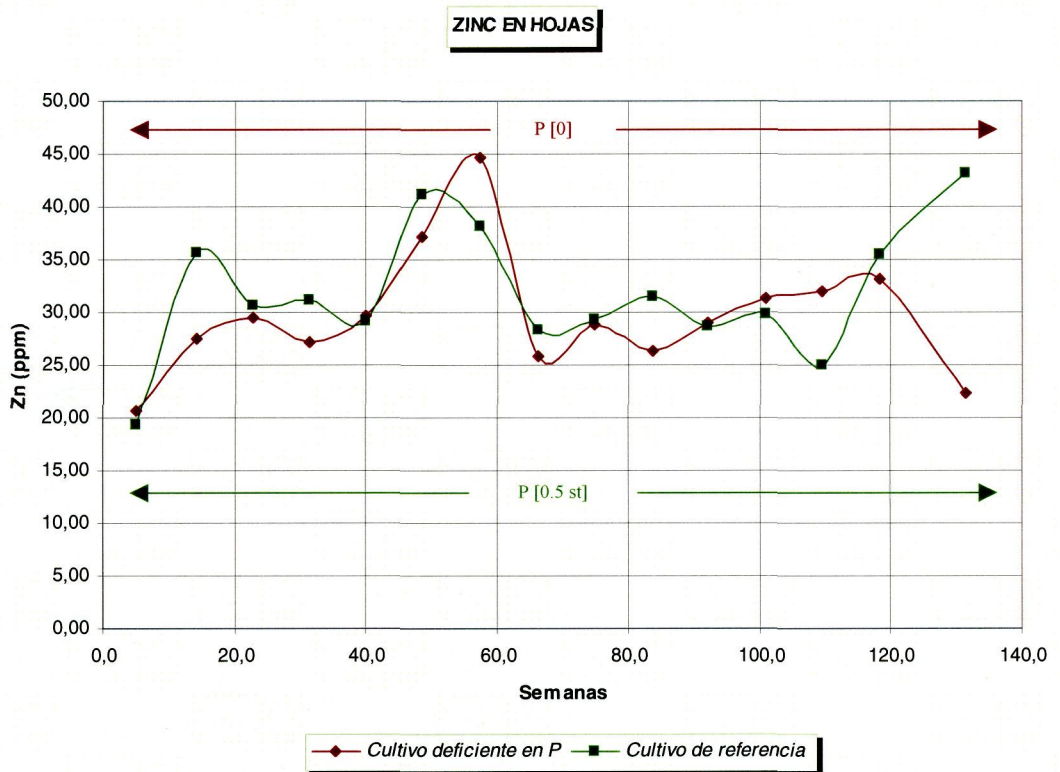


Fig. 40. Contenido de Zn de la hoja en la deficiencia en P, P [0] y en el cultivo estándar. P [0]:  $0 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva; P [0.5 st]:  $0.5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva estándar.

Los valores individuales de la concentración de zinc en la hoja del cultivo deficiente en fósforo variaron entre 20.6 y 44.7 ppm, siendo siempre similares a los del cultivo de referencia.

En la tabla 42 se indican los valores medios de la concentración de zinc en ambos cultivos, no obteniéndose diferencias significativas entre las mismas.

<b>CULTIVO</b>	<b>VALORES MEDIOS Zn (ppm)</b>
<b>Def. en P: P [0]</b>	30 <sup>a</sup> (1)
<b>Cultivo st: P [0.5 st]</b>	32 <sup>b</sup> (1) S <sup>ab</sup> , (NS)

Tabla 42. Contenido de Zn en la hoja en los cultivos deficiente en P y de referencia. P [0]: 0 meq·L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; P [0.5 st]: 0.5 meq·L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva estándar.

Los resultados obtenidos en este trabajo no ponen de manifiesto ningún tipo de relación entre el fósforo y el zinc, lo que confirma los resultados ya expuestos con dos niveles de fósforo, P [1.25] y P [0.5] en la deficiencia de nitrógeno.

Esto está en contradicción con la bibliografía consultada en la que en numerosas ocasiones se indica que existe un antagonismo entre ambos nutrientes [Charpentier y Martin Prevel (1965), Koen (1993), Lahav et al. (1978), Marchal y Martin Prevel (1971), Sairam (1996, Vargas y Solís (1998)], mientras que en otras se refiere una relación positiva entre los mismos [Díaz et al (1976)].

### EFFECTO SOBRE LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE COBRE

En la figura 41 se exponen los resultados de las determinaciones de cobre en la hoja del cultivo deficiente en fósforo y del cultivo de referencia.

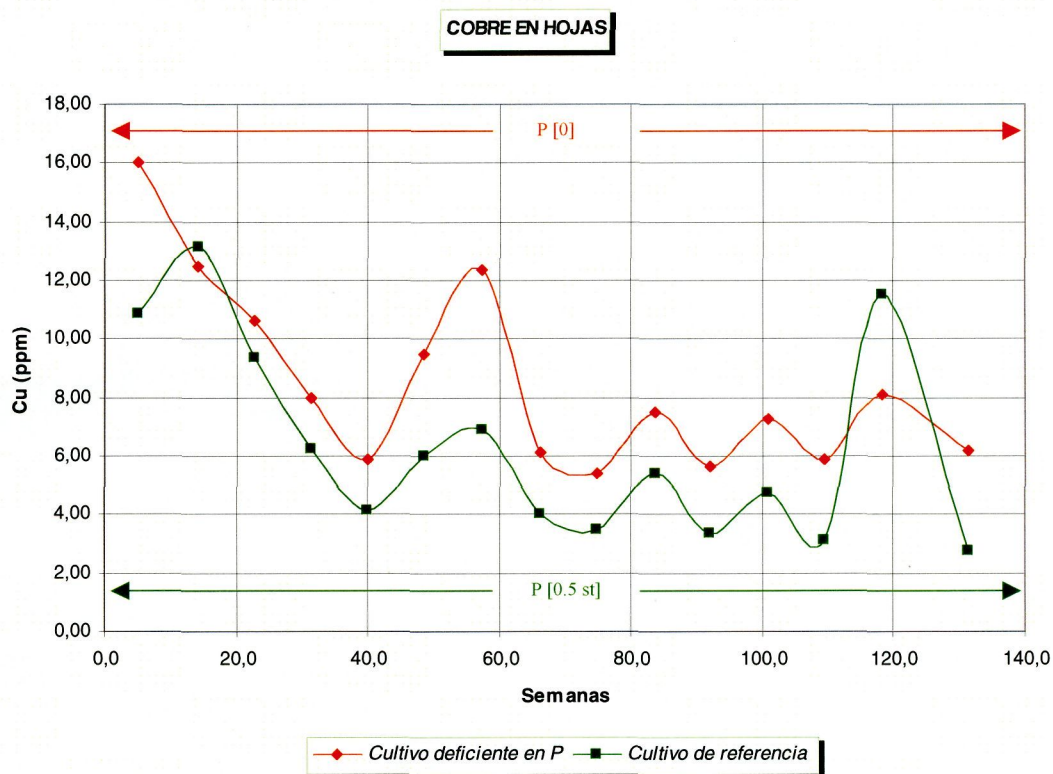


Fig. 41. Contenido de Cu de la hoja en la deficiencia en P, P [0] y en el cultivo estándar. P [0]: 0 meq·L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; P [0.5 st]: 0.5 meq·L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva estándar.

Se observa que los valores individuales del cultivo deficiente en fósforo son superiores a los del cultivo de referencia, si bien la mayoría de los mismos están por debajo del valor crítico, 9 ppm, que señala la bibliografía [Lahav y Turner (1992)]. También se observa que la variabilidad de dichos valores es la misma en ambos



cultivos, hecho que de igual forma se puede apreciar en el cultivo deficiente en nitrógeno y que queda confirmado, como se verá más adelante, al tratar la deficiencia en potasio, no pudiéndose relacionar los aumentos y disminuciones de la concentración de cobre en la hoja ni con el periodo de vida de la planta ni con las condiciones ambientales.

En la tabla 43 están indicados los valores medios de la concentración de cobre en la hoja de ambos cultivos. Dichas concentraciones, por las razones ya aludidas al tratar el resto de los cultivos, son sólo un valor indicativo del nivel medio de cobre durante toda la experiencia pero no se pueden tomar como un indicativo de la concentración de cobre en la hoja en un momento dado del periodo de vida de la planta.

CULTIVO	VALORES MEDIOS Cu (ppm)
Def. en P: P [0]	8.5 <sup>a</sup> (0.5)
Cultivo st: P [0.5 st]	6.3 <sup>b</sup> (0.5) S <sup>ab</sup> , p<0.01

Tabla 43. Contenido de Cu en la hoja en los cultivos deficiente en P y de referencia. P [0]: 0 meq·L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; P [0.5 st]: 0.5 meq·L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva estándar.

Se observa que el cultivo deficiente en fósforo presentó un contenido de cobre en la hoja significativamente mayor. Con relación a esto, la bibliografía consultada no menciona ninguna relación entre el fósforo y el cobre.

## DEFICIENCIA EN POTASIO

## EFECTO SOBRE LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE NITRÓGENO

En la figura 42 se exponen las determinaciones de nitrógeno en la hoja (% de N en materia seca) del cultivo deficiente en potasio, N [6] y del cultivo regado con la solución nutritiva estándar, N [6 st].

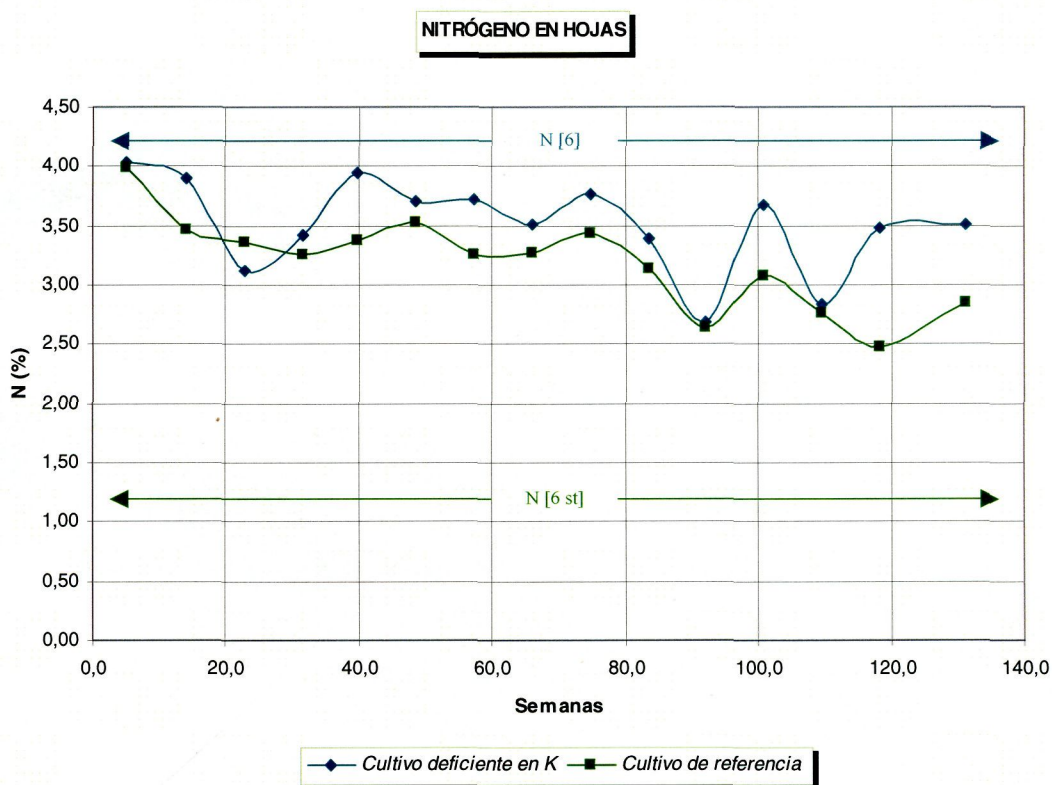


Fig. 42. Contenido de N de la hoja (% de materia seca) en la deficiencia en K, K [0] y en el cultivo estándar. K [6]:  $6 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{ K}^+$  en la solución nutritiva; K [6 st]:  $6 \text{ K}^+$  en la solución nutritiva estándar.

En la gráfica se observa que el cultivo carente en potasio presentó valores de nitrógeno en la hoja (gramos de N en 100 g de materia seca) superiores a los del cultivo de referencia, estando comprendidos los mismos entre 2.69 y 3.99 % N. Estos valores individuales se corresponden plenamente con los señalados por la bibliografía como niveles críticos.

Los valores medios de la concentración foliar de potasio en ambos cultivos, K [0] y [st], están indicados en la tabla 44. En ella se puede observar que la carencia de potasio en la solución nutritiva aumenta de forma significativa el contenido de nitrógeno en la hoja.

<b>CULTIVO</b>	<b>VALORES MEDIOS (% N)</b>
<b>Def. en K: N [6]</b>	3.51 <sup>a</sup> (0.06)
<b>Cultivo st: N [6 st]</b>	3.19 <sup>b</sup> (0.06) S <sup>ab</sup> , p<0.01

Tabla 44. Contenido de N en la hoja (% de materia seca) en los cultivos deficiente en K y de referencia. N [6]: 6 meq·L<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; N [6 st]: 6 meq·L<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva estándar.

Si comparamos los resultados del nivel de nitrógeno obtenidos en este cultivo con los del nivel de potasio (tabla 32) en el cultivo deficiente en nitrógeno en los periodos N [0] y N [2], podemos concluir que existe un antagonismo entre ambos nutrientes pero sólo bajo condiciones de extrema carencia de uno de ellos.

Este resultado está en la línea con los obtenidos por diversos autores, [Baruan y Mohan (1991), Hewitt y Osborne (1962), Koen (1993), Lahav (1974)], que encuentran que los aumentos de potasio en la fertilización disminuyen la concentración de nitrógeno en la hoja. Por lo que es lógico suponer que también ocurra a la inversa; es decir, bajo condiciones de carencia nutricional en potasio, aumenta el contenido de

nitrógeno en la hoja, y es contrapuesto a los que obtienen Hasan et al. (1999a), Hasan et al. (1999b) y El Khoreiby y Salem (1991), que encuentran que la aplicación de potasio incrementa de forma significativa la cantidad de nitrógeno en la hoja. También Vargas y Solís (1998), en una experiencia realizada en cultivo hidropónico, señalan que la carencia de potasio no induce a aumentos o disminuciones del contenido de nitrógeno en la hoja.

### ***EFEECTO SOBRE LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE FÓSFORO***

En la figura 43 están representadas las determinaciones de fósforo en la hoja (% de P en materia seca) del cultivo carente en potasio, P [0.5] y del cultivo estándar, P [0.5 st].

Los valores individuales del contenido en fósforo del cultivo carente en potasio son mayores que los del cultivo de referencia, oscilando entre 0.22 y 0.56 % P, pero siguen estando dentro de los intervalos que para el contenido de fósforo en la hoja aconseja la bibliografía consultada.

Los valores medios de la concentración foliar de fósforo en los cultivos K [0] y [st] están indicados en la tabla 45.

<b>CULTIVO</b>	<b>VALORES MEDIOS (% P)</b>
<b>Def. en K: P [0.5]</b>	0.35 (0.01) (S, p<0.01)
<b>Cultivo st: P [0.5 st]</b>	0.25 (0.01)

Tabla 45. Contenido de P en la hoja (% de materia seca) en los cultivos deficiente en K y de referencia. P [0.5]: 0 meq·L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva; P [0.5 st]: 0.5 meq·L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva estándar.

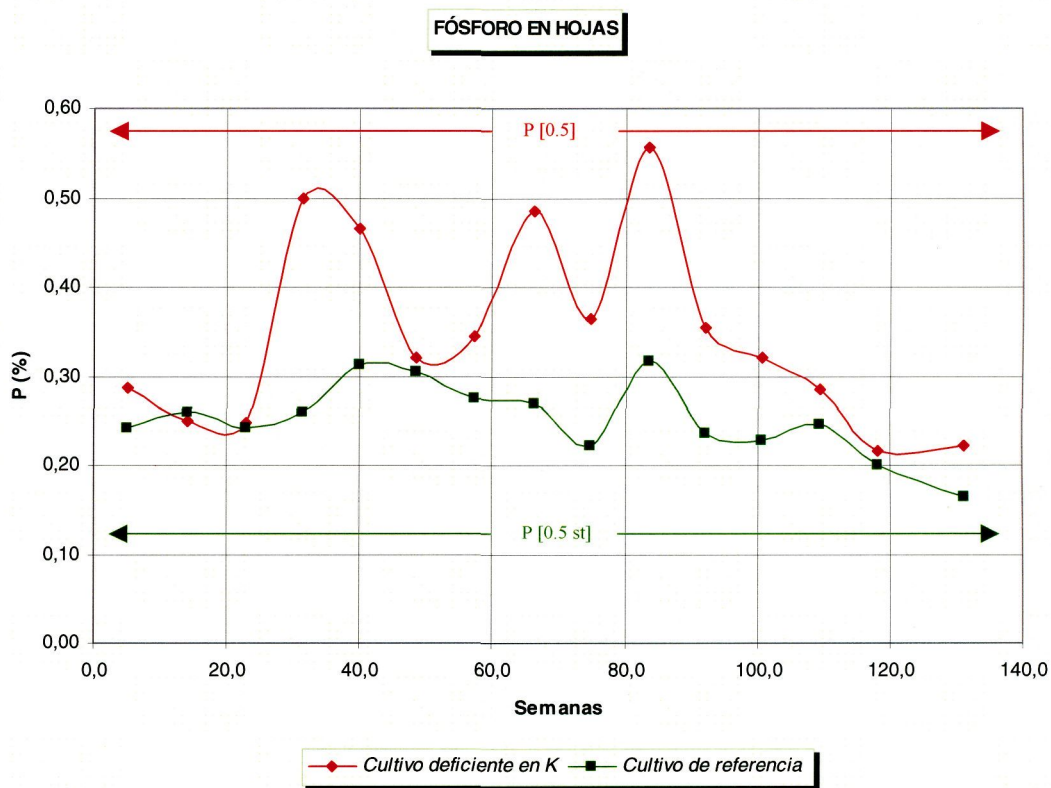


Fig. 43. Contenido de P de la hoja (% de materia seca) en la deficiencia en K, K [0] y en el cultivo estándar. P [0.5]:  $0.5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva; P [0.5 st]:  $0.5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva estándar.

Los resultados obtenidos, tabla 45 y figura 43, indican que la carencia de potasio aumenta de forma significativa la absorción de fósforo por la planta.

Si comparamos los resultados del contenido de fósforo obtenidos aquí con los obtenidos para la concentración de potasio en el cultivo carente en fósforo (tabla 39, figura 36), se observa que la carencia de fósforo no produce variaciones significativas en el contenido de potasio en la hoja. Sin embargo, la carencia de potasio produce un aumento significativo en el contenido foliar de fósforo.

Estos resultados son los mismos que los hallados por Vargas y Solís (1998) en cultivo hidropónico, y difieren de los que refieren Hewitt (1995) y Murray (1960), que indican un antagonismo entre ambos nutrientes, mientras que Ho (1969), Salem (1991) y Shawky et al. (1996), no encuentra variaciones del contenido de fósforo en plantas cultivadas bajo una amplia gama de concentraciones de potasio.

### EFFECTO SOBRE LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE POTASIO

En la figura 44 están representadas las determinaciones de potasio en la hoja (% de K en materia seca) del cultivo carente en potasio, K [0] y del cultivo estándar, K [6 st].

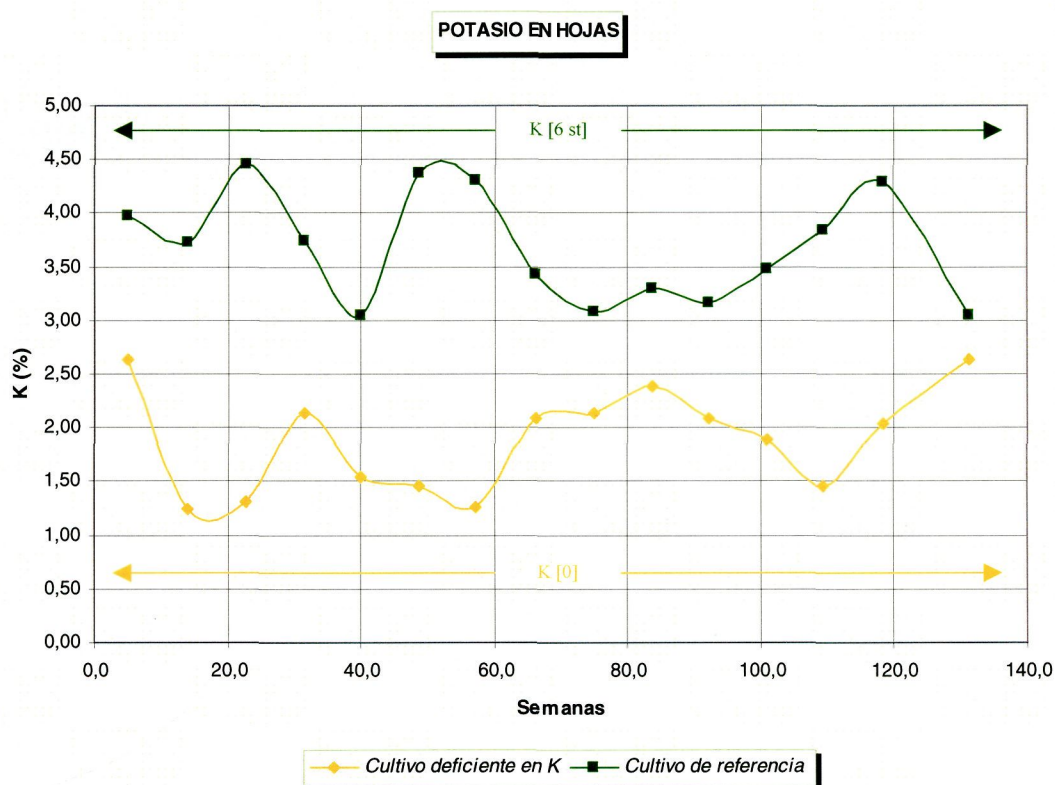


Fig. 44. Contenido de K de la hoja (% de materia seca) en la deficiencia en K, K [0] y en el cultivo estándar. K [6]:  $6 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{ K}^+$  en la solución nutritiva; K [6 st]:  $6 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \text{ K}^+$  en la solución nutritiva estándar.

Los valores del cultivo carente en potasio estuvieron comprendidos entre 1.30 y 2.64 % K. Estos valores están por debajo del valor inferior, 3 % de K, que recomienda la bibliografía consultada como valor adecuado en hojas para una buena nutrición de la planta, tabla 28.

Los valores medios de la concentración foliar de potasio en los cultivos K [0] y [st] están indicados en la tabla 46.

<b>CULTIVO</b>	<b>VALORES MEDIOS (% K)</b>
<b>Def. en K: K [0]</b>	1.89 <sup>a</sup> (0.08)
<b>Cultivo st: K [6 st]</b>	3.69 <sup>b</sup> (0.08) S <sup>ab</sup> , p<0.01

Tabla 46. Contenido de K en la hoja (% de materia seca) en los cultivos deficiente en K y de referencia. K [0]: 0 meq·L<sup>-1</sup> K<sup>+</sup> en la solución nutritiva; K [6 st]: 6 meq·L<sup>-1</sup> K<sup>+</sup> en la solución nutritiva estándar.

En la tabla se observa como la carencia de potasio disminuye de forma significativa en contenido de este nutriente en la hoja en relación con el cultivo estándar.

El valor medio que nosotros hemos hallado, 1.89 % K, es menor que el 2.4 % K que establecen Lacoeuilhe y Martin Prevel (1971b) en cultivo hidropónico y mayor que el 1.41% que indican que encuentran Shawky et al. (1996) en cultivo en arena y Abou Aziz et al. (1987) y Turner y Barkus (1983) en condiciones de cultivo de campo.

El cultivo que estuvo sujeto a este tratamiento presentó síntomas de carencia en potasio, si bien las plantas parían y tenían hijos. Pretendíamos observar en qué se traducían dichos síntomas en las sucesivas generaciones, por lo que se mantuvo

el tratamiento hasta el final de la experiencia. Pasado este tiempo, se decide aumentar el contenido en potasio de la solución nutritiva a  $2 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$  de  $\text{K}^+$  para observar si ocurrían síntomas de recuperación del mismo. Los detalles de esta última parte de la experiencia están incluidos en el apartado de este capítulo dedicado a los parámetros de producción.

### EFFECTO SOBRE LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE HIERRO

En la figura 45 se exponen los resultados de las determinaciones de hierro del cultivo deficiente en potasio y del cultivo de referencia.

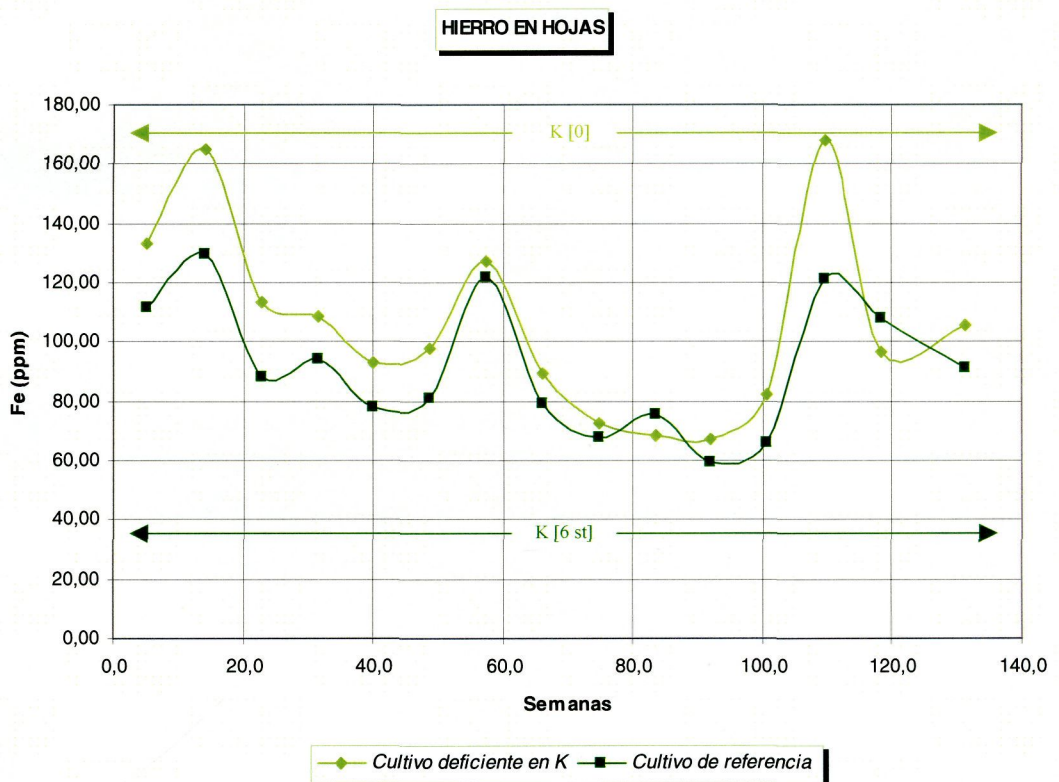


Fig. 45. Contenido de Fe de la hoja en la deficiencia en K, K [0], y en el cultivo estándar. K [0]:  $0 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{K}^+$  en la solución nutritiva; K [6 st]:  $6 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{K}^+$  en la solución nutritiva estándar.



Los valores individuales de hierro en la hoja del cultivo deficiente en potasio variaron entre 67.2 y 168.0 ppm, siendo la práctica totalidad de los mismos superiores a 80 ppm, valor crítico reseñado en la bibliografía [Lahav y Turner (1992)], y son superiores a los del cultivo estándar.

Los valores medios del contenido de hierro en ambos cultivos se indican en la tabla siguiente, tabla 47, en la que se observa que el contenido de hierro en la hoja del cultivo deficiente en potasio es mayor con un alto grado de significación.

CULTIVO	VALORES MEDIOS Fe (ppm)
Def. en K: K [0]	106 <sup>a</sup> (5)
Cultivo st: K [6 st]	92 <sup>b</sup> (3) S <sup>ab</sup> , p<0.01

Tabla 47. Contenido de Fe en la hoja en los cultivos deficiente en K y de referencia. K [0]: 0 meq·L<sup>-1</sup> K<sup>+</sup> en la solución nutritiva; K [6 st]: 6 meq·L<sup>-1</sup> K<sup>+</sup> en la solución nutritiva estándar.

La bibliografía consultado indica el potasio de cambio sirve de vehículo en la absorción de hierro por la planta, encontrándose relaciones positivas entre el potasio cambiante y el contenido de hierro en la hoja [Díaz et al. (1976)]. En este trabajo se ha encontrado lo contrario; la carencia de potasio en la fertilización aumenta la concentración foliar de hierro.

En la figura 46 están representados los periodos de parición del cultivo y los cambios de la temperatura ambiente en relación con el contenido foliar de hierro.

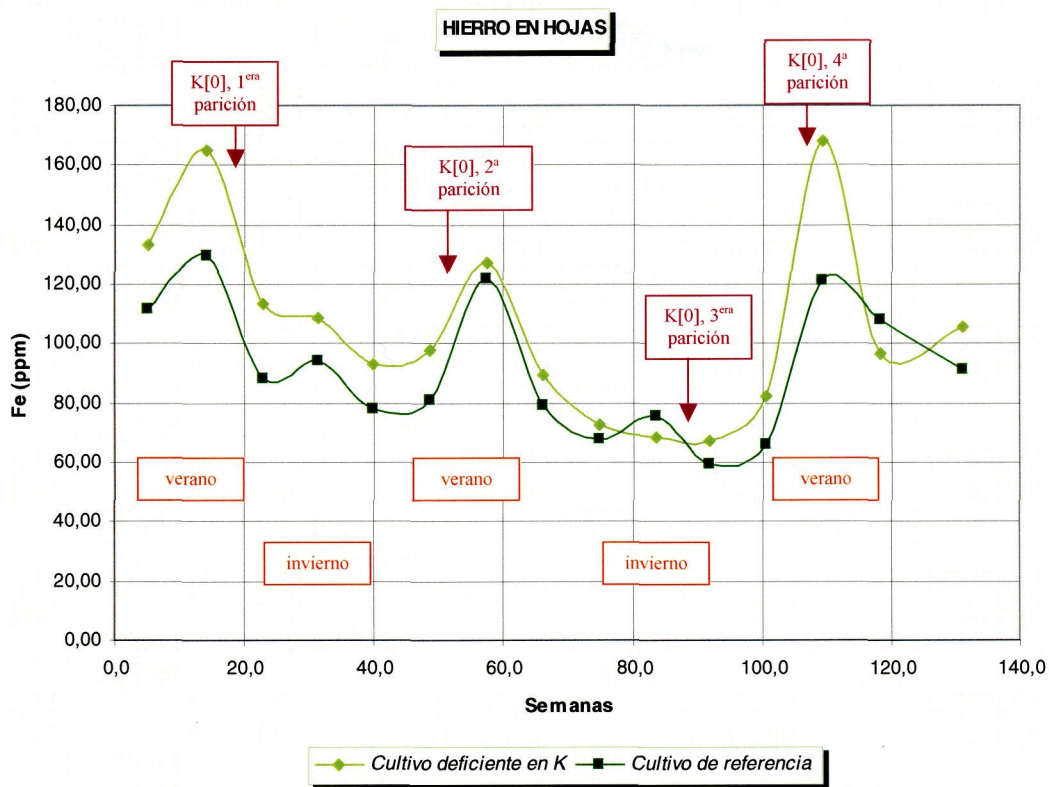


Fig. 46. Periodo de parición y cambios estacionales en relación con la absorción de Fe por el cultivo deficiente en potasio.

En este caso se observan las mismas relaciones entre la temperatura ambiente y el contenido de hierro en la hoja ya indicadas en el cultivo estándar, no observándose relaciones aparentes entre los periodos de parición y la concentración foliar de hierro.

## EFFECTO SOBRE LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE MANGANESO

En la figura 47 se exponen los resultados de las determinaciones de manganeso en la hoja del cultivo deficiente en potasio y del cultivo de referencia.

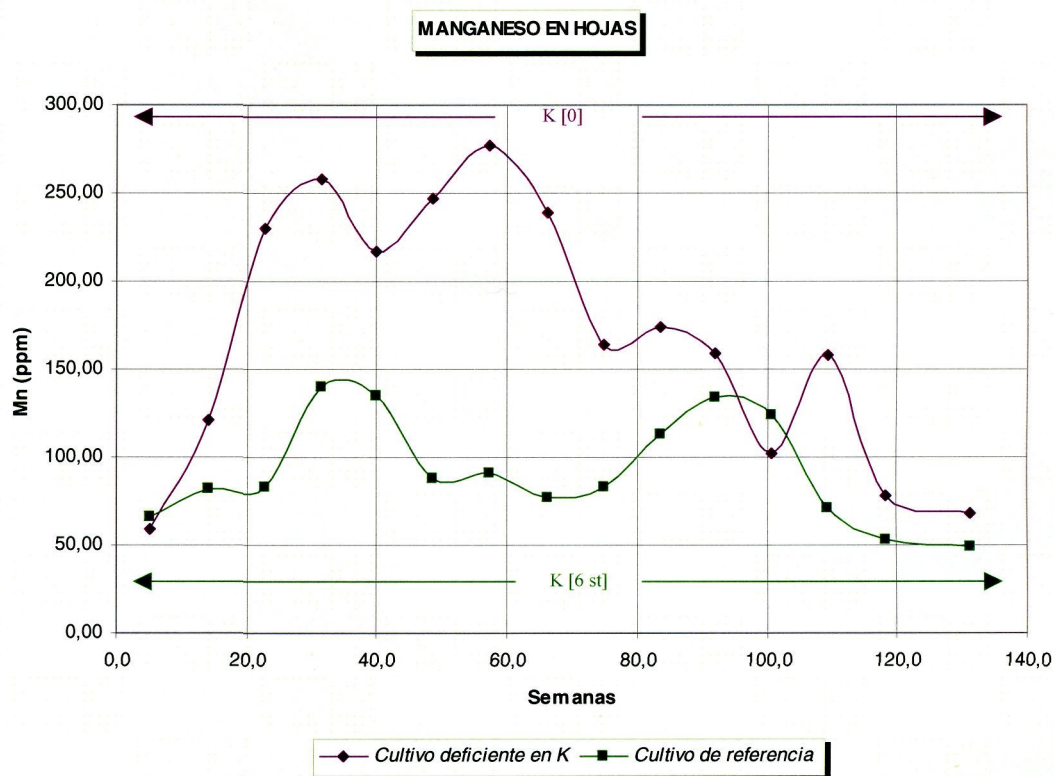


Fig. 47. Contenido de Mn de la hoja en la deficiencia en K, K [0], y en el cultivo estándar. K [0]: 0 meq·L<sup>-1</sup> K<sup>+</sup> en la solución nutritiva; K [6 st]: 6 meq·L<sup>-1</sup> K<sup>+</sup> en la solución nutritiva estándar.

Los valores individuales del contenido de manganeso en la hoja del cultivo deficiente en potasio variaron entre 58.7 y 277.5 ppm, siendo siempre superiores

a los del cultivo de referencia. En la tabla 48 están indicados los valores medios de la concentración en ambos cultivos.

CULTIVO	VALORES MEDIOS
	Mn (ppm)
Def. en K: K [0]	170 <sup>a</sup> (11)
Cultivo st: K [6 st]	93 <sup>b</sup> (5) S <sup>ab</sup> , p<0.01

Tabla 48. Contenido de Mn en la hoja en los cultivos deficiente en K y de referencia. K [0]: 0 meq·L<sup>-1</sup> K<sup>+</sup> en la solución nutritiva; K [6 st]: 6 meq·L<sup>-1</sup> K<sup>+</sup> en la solución nutritiva estándar.

Vargas y Solís (1998), también en cultivo hidropónico, encuentran que la carencia de potasio aumenta el contenido de manganeso en la hoja.

### ***EFFECTO SOBRE LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE ZINC***

En la figura 48 se exponen los resultados de las determinaciones de zinc en la hoja del cultivo deficiente en potasio y del cultivo de referencia.

Los valores individuales de la concentración de este micronutriente en la hoja del cultivo deficiente en potasio variaron entre 21.9 y 78.1 ppm, siendo siempre muy superiores a los del cultivo de referencia, obteniéndose en ambos cultivos valores medios que difieren significativamente, tabla 49.

Los resultados aquí obtenidos están en la línea de los expuestos por Vargas y Solís (1998) en cultivo hidropónico y difieren de los encontrados por Díaz et al. (1976) y García et al. (1977b) en condiciones de campo.

**ZINC EN HOJAS**

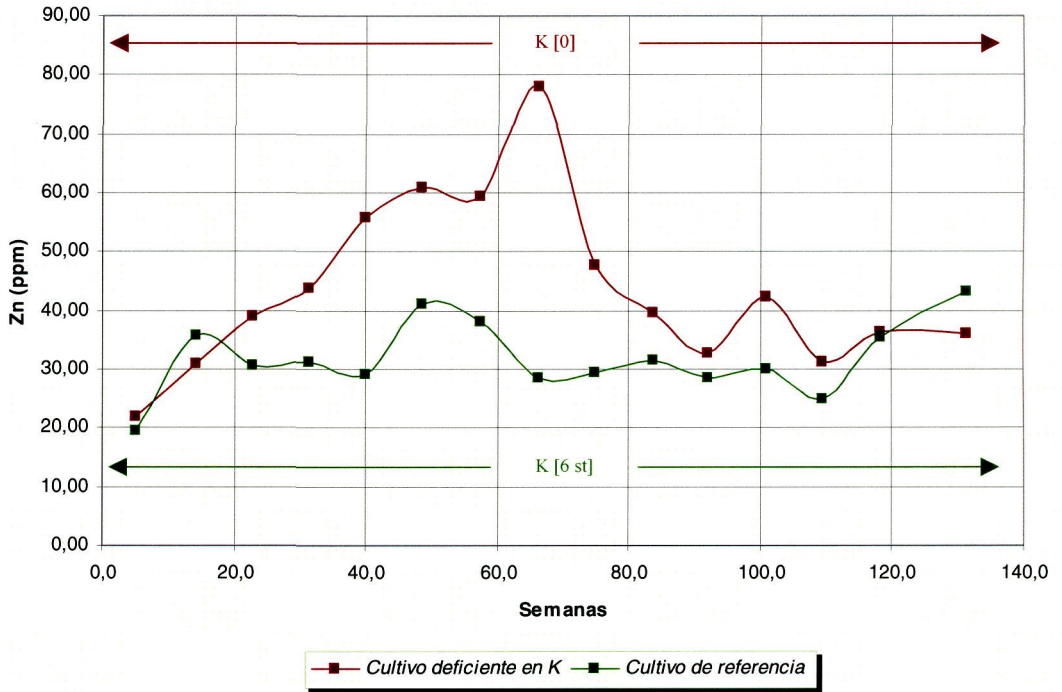


Fig. 48. Contenido de Zn de la hoja en la deficiencia en K, K [0], y en el cultivo estándar. K [0]: 0 meq·L<sup>-1</sup> K<sup>+</sup> en la solución nutritiva; K [6 st]: 6 meq·L<sup>-1</sup> K<sup>+</sup> en la solución nutritiva estándar.

CULTIVO	VALORES MEDIOS
	Zn (ppm)
Def. en K: K [0]	44 <sup>a</sup> (2)
Cultivo st: K [6 st]	32 <sup>b</sup> (1) S <sup>ab</sup> , p<0.01

Tabla 49. Contenido de Zn en la hoja en los cultivos deficiente en K y de referencia. K [0]: 0 meq·L<sup>-1</sup> K<sup>+</sup> en la solución nutritiva; K [6 st]: 6 meq·L<sup>-1</sup> K<sup>+</sup> en la solución nutritiva estándar.

### EFFECTO SOBRE LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE COBRE

En la figura 49 se exponen los resultados de las determinaciones de cobre en la hoja del cultivo deficiente en potasio y del cultivo de referencia.

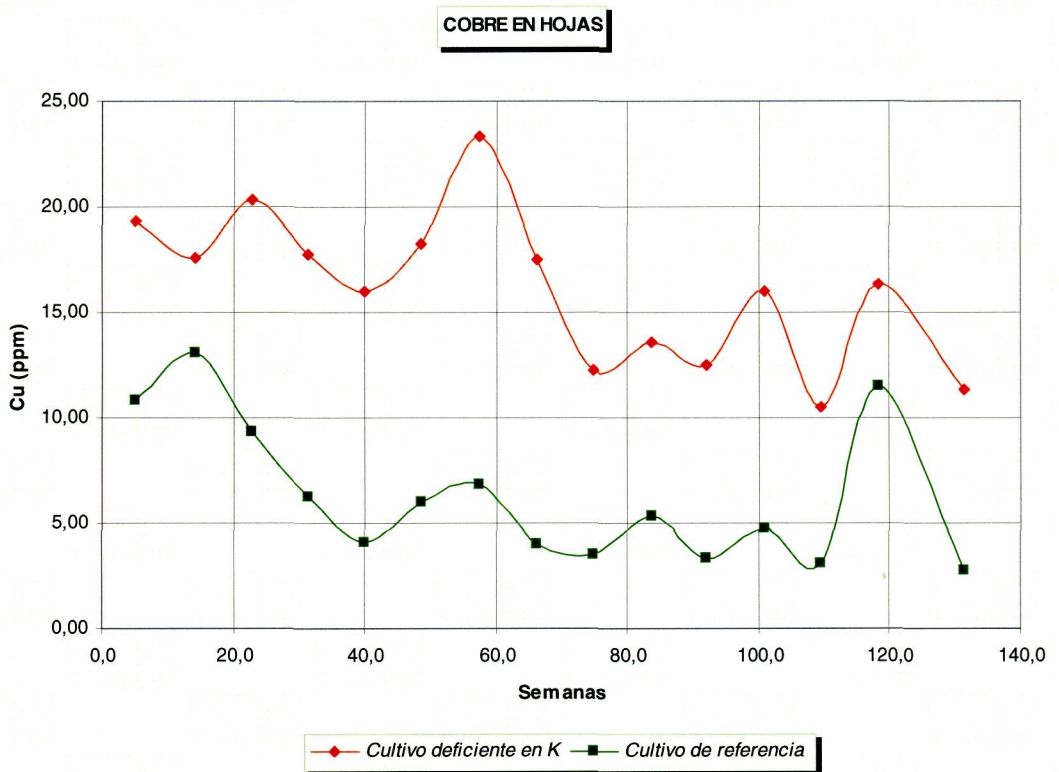


Fig. 49. Contenido de Cu de la hoja en la deficiencia en K, K [0], y en el cultivo estándar. K [0]: 0 meq·L<sup>-1</sup> K<sup>+</sup> en la solución nutritiva; K [6 st]: 6 meq·L<sup>-1</sup> K<sup>+</sup> en la solución nutritiva estándar.

Se observa que la deficiencia de potasio produce, al igual que el resto de las deficiencias, un aumento del contenido de cobre en la hoja, si bien en este caso el aumento es considerablemente mayor. Por otra parte, también puede observarse que los aumentos y las disminuciones del contenido de cobre en la hoja, tienen la misma

---

secuencia en ambos cultivos, hecho que como ya hemos apuntado se repite en todos los cultivos.

En la tabla 50 figura el contenido foliar de cobre en ambos cultivos. Dichos valores, como ya hemos repetido al tratar el resto de los cultivos, deben de tomarse con las debidas reservas dado la variabilidad de los valores individuales de los que provienen.

<b>CULTIVO</b>	<b>VALORES MEDIOS</b> <b>Cu (ppm)</b>
<b>Def. en K: K [0]</b>	16.2 <sup>a</sup> (0.6)
<b>Cultivo st: K [6 st]</b>	6.3 <sup>b</sup> (0.5) S <sup>ab</sup> , p<0.01

Tabla 50. Contenido de Cu en la hoja en los cultivos deficiente en K y de referencia. K [0]: 0 meq·L<sup>-1</sup> K<sup>+</sup> en la solución nutritiva; K [6 st]: 6 meq·L<sup>-1</sup> K<sup>+</sup> en la solución nutritiva estándar.

Con relación a la influencia que ejerce la carencia de potasio en el contenido de cobre en la hoja, en la bibliografía consultada no se ha encontrado ninguna referencia.

Se observa que una característica importante de la deficiencia en el suministro de potasio en la nutrición es el aumento significativo que produce en el contenido de macronutrientes y micronutrientes en la hoja. Este hecho puede ser debido a una disminución de la materia seca de la planta, que se traduce en la concentración de nutrientes en la misma.

Esto último puede estar motivado por el papel fundamental que juega el potasio en los procesos de respiración de las plantas, pues diversos autores [Martin Prevel (1973), Turner y Barkus (1980)] indican que la reducción de potasio disminuye la respiración, con la consiguiente disminución de la fotosíntesis y reducción de la materia seca de la planta.

## PRODUCCIÓN

### *EFFECTO DE LA DEFICIENCIA DE NITRÓGENO*

En la tabla 51 y en la figuras 50, 51 y 52 se exponen las medidas de los principales parámetros de producción para el cultivo del banano: diámetro delseudotallo en el momento de la floración, peso del racimo y periodo de tiempo transcurrido entre la parición y el corte.



foto 1. Cultivo con  $0 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$

El cultivo que estuvo sujeto a la deficiencia de nitrógeno no fructificó con  $0 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  en su solución nutritiva, presentado un escaso desarrollo

además de presentar las hojas el debilitamiento típico del color verde, producido por la clorosis, que produce este tipo de carencia. La clorosis, se hizo patente en las hojas más viejas, pero bajo total ausencia de nitrógeno en su fertilización, se extendió rápidamente a toda la planta, presentando en este punto las hojas viejas una tonalidad amarilla que se extiende desde el borde hacia la nervadura central, mientras que los bordes de la hoja comienzan a secarse, foto 1. La distancia entre hojas se redujo considerablemente. Estos síntomas son los que en general cita la bibliografía consultada como propios de este tipo de deficiencia, sin embargo en este caso no se apreciaron la presencia de pigmentos antocianínicos.



Al aumentar la cantidad de  $\text{NO}_3^-$  de 0 a  $2 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$  en la solución nutritiva, se vio favorecido el desarrollo del cultivo y la planta fructificó, fotos 2 y 3, siendo estos los datos que figuran en la tabla 51. Las hojas presentaron un color verde más intenso, si bien el aspecto de la planta y su producción fue inferior al del cultivo estándar, obteniéndose valores medios del diámetro de pseudotallo, peso del racimo y periodo transcurrido entre la parición y el corte que difieren significativamente de los del cultivo de referencia.



Foto 2. Cultivo con  $2 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$



Foto 3. Cultivo con  $2 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$ . Racimo

La relación positiva entre la medida de la circunferencia del pseudotallo y la producción está ampliamente demostrada en la bibliografía del banano, coincidiendo la totalidad de los autores en que las plantas que presentan diámetros mayores son las que producen los racimos de mayor peso.

CULTIVO DEFICIENTE EN NITRÓGENO			CULTIVO DE REFERENCIA		
Øseudotallo (cm)	Peso del racimo (kg)	Tiempo P – C (meses)	Øseudotallo (cm)	Peso del racimo (kg)	Tiempo P – C (meses)
79	15.1	4	95	30.0	5
71	20.7	5	110	32.6	4
77	8.5	4	115	32.5	5
83	15.5	4	108	31.5	5
84	11.9	4	103	35.0	6
93	23.7	4	112	33.0	5
81	19.5	4	88	30.0	5
85	23.0	4	105	35.5	5
82 <sup>a</sup> (2)	17 <sup>b</sup> (2)	4.1 <sup>c</sup> (0.1)	105 <sup>d</sup> (3) S <sup>ad</sup> , p<0.01	33 <sup>e</sup> (1) S <sup>be</sup> , p<0.01	5.0 <sup>f</sup> (0.2) S <sup>cf</sup> , p<0.01

Tabla 51. Datos de producción de los cultivos deficiente en N y de referencia

Por otra parte, si se tiene en cuenta que los cultivares Williams en excelentes condiciones de desarrollo producen racimos con un peso comprendido entre 30 y 40 Kg, la producción del cultivo estándar se puede catalogar como aceptable.

De lo expuesto, se deduce que un cultivo carente en nitrógeno presenta un desarrollo tan disminuido que no le permite completar su ciclo biológico. Al aumentar la cantidad de dicho nutriente, se favorece el desarrollo del mismo, fructificando y produciendo racimos, pero su producción no es aceptable, si bien es posible que bajo aportes superiores a los 2 meq/L de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> pueda recuperarse.

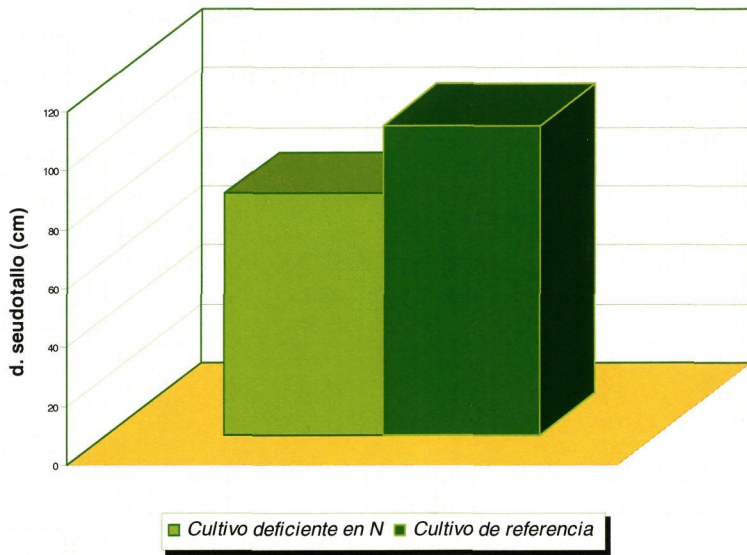


Fig. 50. Comparación de los  $\varnothing$  del seudotallo en la deficiencia de N y en el cultivo de referencia

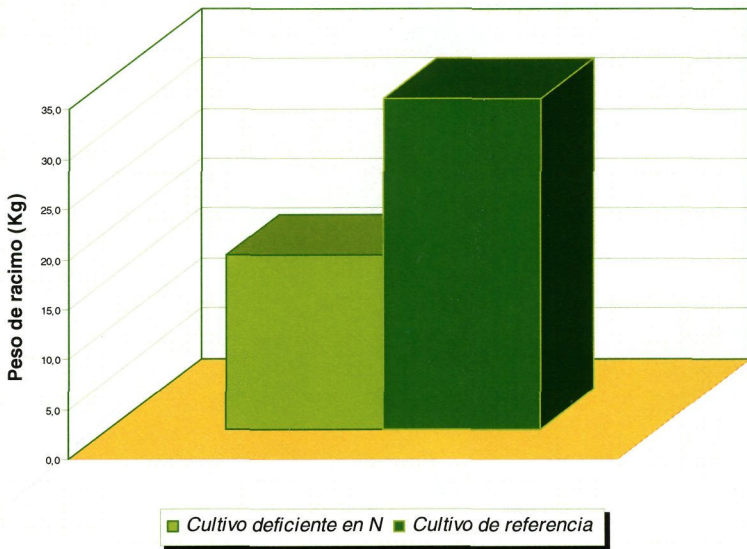


Fig. 51. Comparación del peso del racimo en la deficiencia de N y en el cultivo de referencia

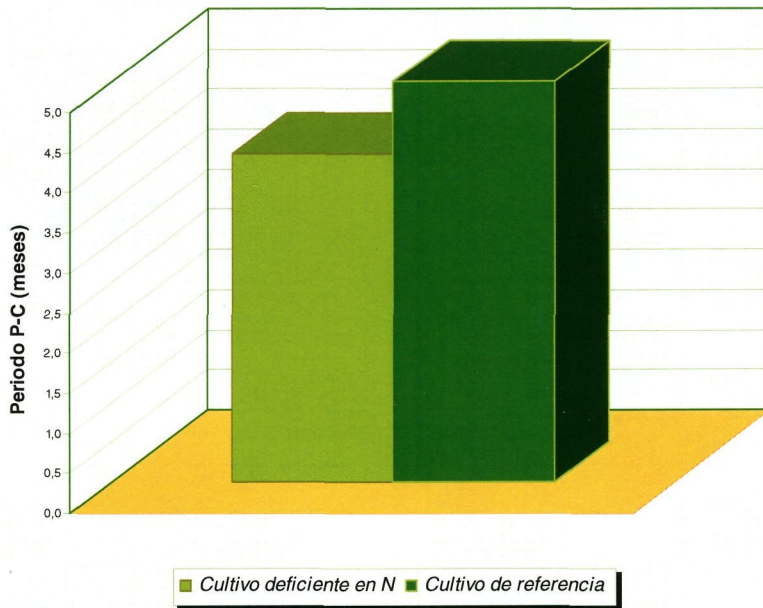


Fig. 52. Comparación del periodo de tiempo transcurrido entre la parición y el corte en la deficiencia de N y en el cultivo de referencia.

## EFECTO DE LA DEFICIENCIA DE FÓSFORO

En la tabla 52 y en la figuras 53, 54 y 55 se exponen las medidas del diámetro del seudotallo en el momento de la floración, peso del racimo y periodo de tiempo transcurrido entre la parición y el corte del cultivo deficiente en fósforo y del de referencia.

CULTIVO DEFICIENTE EN FÓSFORO			CULTIVO DE REFERENCIA		
Ø seudotallo (cm)	Peso del racimo (kg)	Tiempo P - C (meses)	Ø seudotallo (cm)	Peso del racimo (kg)	Tiempo P - C (meses)
85.0	27.3	6	95	30.0	5
103.5	30.2	6	110	32.6	4
78.5	22.0	7	115	32.5	5
78.5	17.0	7	108	31.5	5
90.0	16.6	6	103	35.0	6
89.5	23.3	5	112	33.0	5
93.5	25.0	5	88	30.0	5
92.0	20.2	5	105	35.5	5
89 <sup>a</sup> (3)	22.7 <sup>b</sup> (2)	6.0 <sup>c</sup> (0.2)	105 <sup>d</sup> (3) S <sup>ad</sup> , p<0.01	33 <sup>e</sup> (1) S <sup>be</sup> , p<0.01	5.0 <sup>f</sup> (0.2) S <sup>cf</sup> , p<0.05

Tabla 52. Datos de producción de los cultivos deficiente en P y de referencia

El cultivo al que no se le suministró fósforo en su nutrición, fotos 4 y 5, no mostró síntomas visuales de deficiencia en este nutriente, no mostrándose la necrosis aserrada en las hojas maduras, ni el color verde azulado de las jóvenes, ni tampoco la apariencia frágil del seudotallo que describen diversos autores en cultivo hidropónico

[Charpentier y Martin Prevel (1965), Vargas y Solís (1998)]. A todos los efectos, la apariencia visual de este cultivo fue comparable con la del cultivo de referencia.



Foto 4. Cultivo deficiente en P. Seudotallo



Foto 5. Cultivo deficiente en P. Racimo

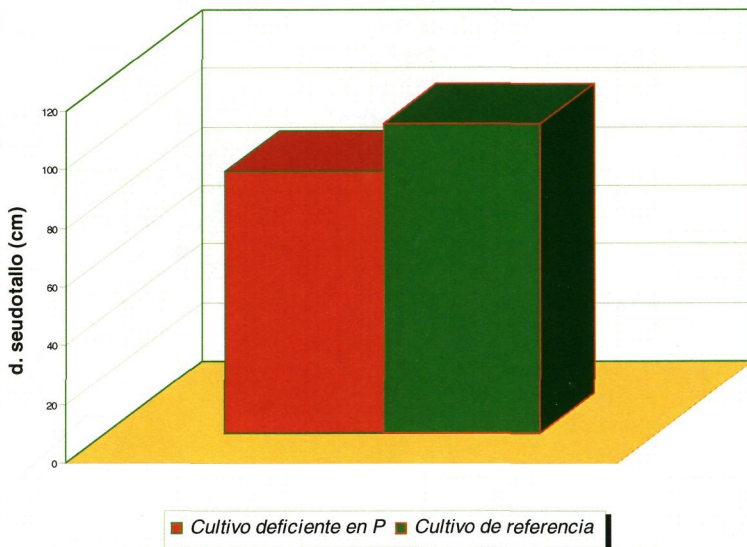


Fig. 53. Comparación de los Ø delseudotallo en la deficiencia de P y en el cultivo de referencia

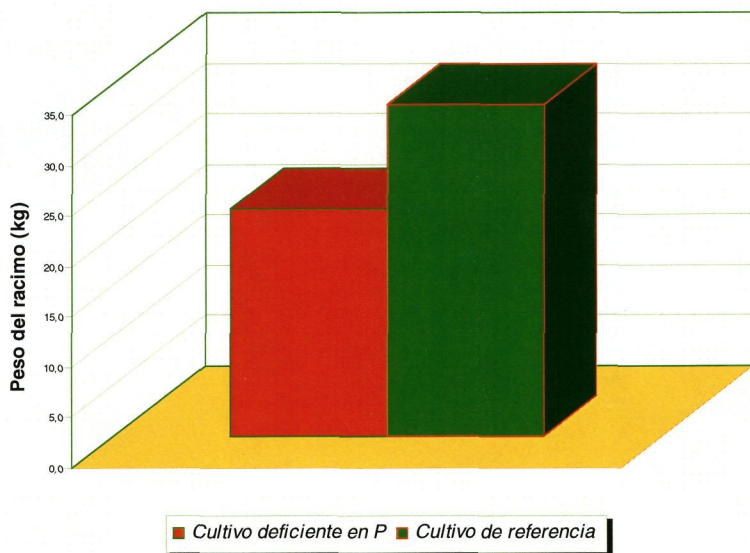


Fig. 54. Comparación del peso del racimo en la deficiencia de P y en el cultivo de referencia

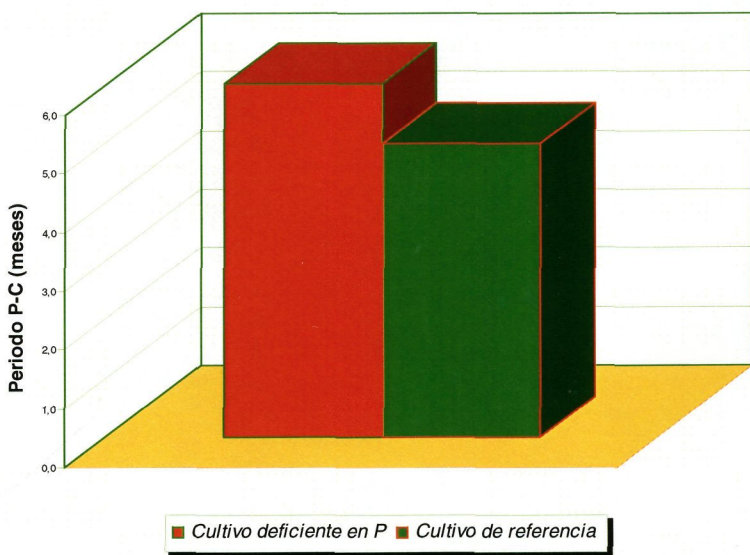


Fig. 55. Comparación del periodo de tiempo transcurrido entre la parición y el corte en la deficiencia de P y en el cultivo de referencia

Si atendemos a los resultados de las determinaciones foliares en los que, a excepción de P, Cu y Mn, no se hallaron diferencias significativas entre este cultivo y el estándar, se observa que, dada la escasa importancia del Cu y Mn en la nutrición del banano, la falta de fósforo en lo que realmente se manifiesta es en sus efectos sobre la producción, tabla 52 y figuras 53, 54 y 55, presentando un diámetro del seudotallo y peso del racimo menor que el del cultivo de referencia, mientras que el periodo entre la parición y el corte fue mayor.

Al término de la experiencia se decidió aumentar el contenido de fósforo de este cultivo para observar si era posible, en cuanto a la producción se refiere, una recuperación del mismo. La disolución de riego se igualó a la estándar y se mantuvo así durante un ciclo de cultivo. El resultado fue una mayor producción, tabla 53, equiparable a la del cultivo de referencia, lo cual indica que la carencia de fósforo en el banano es fácil de subsanar y que no afecta a las siguientes generaciones de la planta.

CULTIVO DEFICIENTE EN FÓSFORO			CULTIVO DE REFERENCIA		
Ø seudotallo (cm)	Peso del racimo (kg)	Tiempo P – C (meses)	Ø seudotallo (cm)	Peso del racimo (kg)	Tiempo P – C (meses)
90.5	30.3	5	95	30.0	5
100.0	32.8	6	110	32.6	4
85.0	28.0	5	115	32.5	5
95.5	33.3	6	108	31.5	5
90.0	28.7	5	103	35.0	6
105.0	30.0	5	112	33.0	5
105.5	33.0	6	88	30.0	5
95.0	29.5	6	105	35.5	5
96 <sup>a</sup> (3)	31 <sup>b</sup> (1)	5.5 <sup>c</sup> (0.2)	105 <sup>d</sup> (3) S <sup>ad</sup> , (NS)	33 <sup>e</sup> (1) S <sup>be</sup> , (NS)	5.0 <sup>f</sup> (0.2) S <sup>cf</sup> , (NS)

Tabla 53. Datos de producción de los cultivos deficiente en P y de referencia. Recuperación de la deficiencia en P.



## EFFECTO DE LA DEFICIENCIA DE POTASIO

En la tabla 54 y en la figuras 56, 57 y 58 se exponen las medidas del diámetro del seudotallo en el momento de la floración, peso del racimo y periodo de tiempo transcurrido entre la parición y el corte del cultivo deficiente en potasio y del de referencia.

CULTIVO DEFICIENTE EN POTASIO			CULTIVO DE REFERENCIA		
Ø seudotallo (cm)	Peso del racimo (kg)	Tiempo P - C (meses)	Ø seudotallo (cm)	Peso del racimo (kg)	Tiempo P - C (meses)
78.0	12.6	6.0	95	30.0	5
76.5	10.9	4.0	110	32.6	4
80.5	9.1	5.3	115	32.5	5
77.5	8.6	4.3	108	31.5	5
81.0	7.6	4.7	103	35.0	6
82.0	6.1	4.0	112	33.0	5
72.0	5.5	5.0	88	30.0	5
75.0	13.7	5.3	105	35.5	5
78 <sup>a</sup> (1)	9 <sup>b</sup> (1)	4.8 <sup>c</sup> (0.3)	105 <sup>d</sup> (3) S <sup>ad</sup> , p<0.01	33 <sup>e</sup> (1) S <sup>be</sup> , p<0.01	5.0 <sup>f</sup> (0.2) S <sup>cf</sup> , (NS)

Tabla 54. Datos de producción de los cultivos deficiente en P y de referencia

El cultivo que estuvo sujeto a la carencia de potasio en su nutrición presentó síntomas severos de deficiencia en este nutriente, fotos 6, 7 y 8. Las hojas más viejas presentaron la clorosis naranja amarillenta típica de este tipo de deficiencia y, bajo total ausencia de potasio en la nutrición, se extendió a todas las hojas de la planta.

Conforme avanzaba la edad de la hoja, la nervadura central se arqueaba, la hoja se enrollaba sobre si misma, se secaba y moría.



Foto 6. Cultivo deficiente en K

Estos síntomas son los mismos que describe la bibliografía consultada tanto en cultivo hidropónico o de campo para la deficiencia de este elemento [Martin Prevel y Charpentier (1963), Lahav (1972), Murray (1959), Murray (1960), López Espinosa (1998), Vargas y Solís (1998)].



Foto 7. Síntomas agudos de deficiencia en K.



Foto 8. Deficiencia en K. Detalle del racimo

En cuanto a sus efectos sobre la producción, se observó un retraso en la floración y una disminución importante del crecimiento y normal desarrollo de la fruta. Los racimos eran débiles, con fruta de pequeño tamaño y poco llena, insuficiente número de frutas por racimo y de manos por racimo.

Estos efectos de la deficiencia de potasio sobre la producción son esencialmente los mismos que indica la bibliografía consultada, y son una consecuencia directa del papel fundamental que juega el potasio en el transporte y acumulación de azúcares en el interior de la planta, procesos que permiten el llenado de la fruta [Martin Prevel (1973), López y Espinosa (1998), Turner y Barkus (1980), Turner y Bull (1970), Vadivel y Shanmugavelu(1978)].

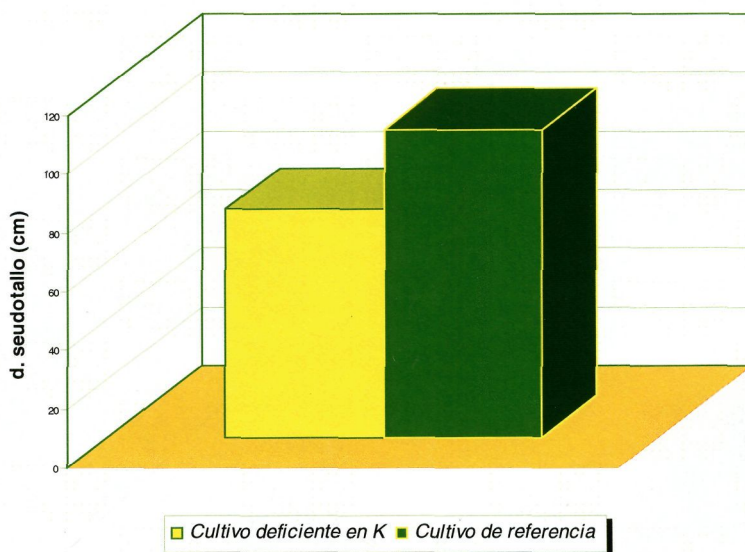


Fig. 56. Comparación de los  $\varnothing$  del seudotallo en la deficiencia de K y en el cultivo de referencia

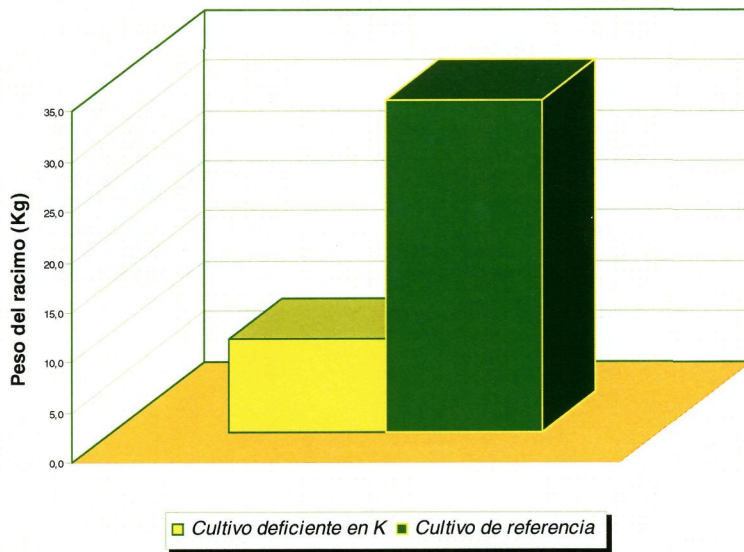


Fig. 57. Comparación del peso del racimo en la deficiencia de K y en el cultivo de referencia

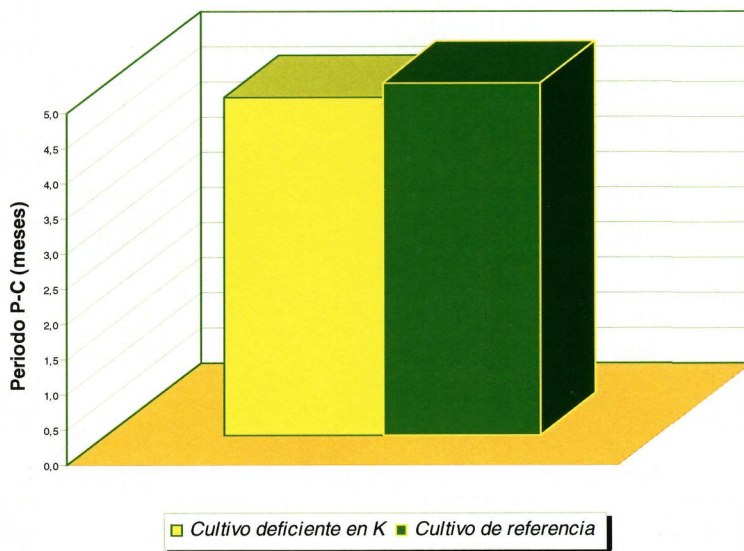


Fig. 58. Comparación del periodo de tiempo transcurrido entre la parición y el corte en deficiencia de K y en el cultivo de referencia

---

Otra consecuencia importante de la deficiencia de potasio en la nutrición de la planta es que el número de hijos por planta se fue reduciendo en las sucesivas generaciones y, al término de la experiencia, muchas de ellas no tenían hijos en el momento de parir.

Se decidió entonces llevar el contenido de potasio de la solución nutriente a un 20 % de la suma de cationes para observar si era posible una mejora del cultivo. Esta disolución es la señalada en el apartado dedicado a material y métodos como disolución K [2]. El resultado de esta última parte de la experiencia fue la imposibilidad de recuperación del mismo, muriendo la práctica totalidad de las plantas.



## CONCLUSIONES



- 1.- De los resultados experimentales obtenidos (contenido N, P, K en hojas y parámetros de producción), coincidentes con los datos señalados en la bibliografía como óptimos para el cultivo del banano, podemos afirmar que la solución nutritiva utilizada en el cultivo de referencia contempla, en cuanto a relación entre iones se refiere, presión osmótica y pH, las necesidades nutricionales de este cultivo.
  
- 2.- El valor medio obtenido de hierro en hojas es superior al valor crítico que señala la bibliografía. Si bien se observa que la concentración de este micronutriente en hojas es mayor cuando la planta está próxima a parir, se puede concluir que el factor que más influye en el contenido de hierro en la hoja es la época del año en la que se encuentra la planta. Esto se repite independientemente del estado nutritivo y vegetativo de la planta.
  
- 3.- Los valores del contenido de manganeso, zinc, cobre y molibdeno en hojas se muestran coincidentes con los valores críticos que señala la bibliografía existente, pero dada la imposibilidad de poder obtener valores medios de concentraciones que presenten poca dispersión, o valores individuales que puedan relacionarse con el estado biológico de la planta o con factores externos que den cuenta de su magnitud, entendemos que el análisis del limbo de la hoja III no es una herramienta adecuada para el diagnóstico de las deficiencias o excesos de estos micronutrientes en la planta.
  
- 4.- Los resultados hallados en la deficiencia de nitrógeno señalan que es posible determinar mediante análisis foliar situaciones de extrema carencia en nitrógeno. Sin embargo, dichos análisis no son efectivos para reconocer estados de deficiencia de este nutriente. Los síntomas visuales de carencia en nitrógeno se manifiestan aún cuando los niveles en hojas son los adecuados para una buena nutrición nitrogenada.

- 
- 5.- La concentración media de fósforo en la hoja es menor en la deficiencia de fósforo que en el cultivo de referencia, con un alto grado de significación. Sin embargo, la proximidad de ambos valores medios, así como el hecho de que el cultivo carente en fósforo presente valores que se puedan encuadrar dentro de los niveles críticos de este nutriente señalados en la bibliografía, imposibilita la detección de esta situación de carencia mediante análisis foliar.
  
  - 6.- La carencia de potasio disminuye significativamente el contenido de este nutriente en hojas en relación al cultivo de referencia. Como consecuencia de esta carencia se manifiestan síntomas visuales definidos, entre los que figura la disminución de materia seca. Esta disminución de la materia seca se traduce en un aumento significativo del contenido de macronutrientes y micronutrientes en la hoja.
  
  - 7.- El cultivo carente en nitrógeno presenta un desarrollo tan disminuido que no le permite completar su ciclo biológico. Al aumentar la cantidad de dicho nutriente, se favorece el desarrollo del mismo, fructificando y produciendo racimos, pero su producción no es aceptable.
  
  - 8.- La falta de fósforo no muestra síntomas visuales de deficiencia en este nutriente, pero sí una producción menor y aumento del tiempo entre la parición y el corte. Al normalizar el contenido de fósforo en la solución nutritiva, la planta se recupera totalmente.
  
  - 9.- La carencia de potasio en la nutrición muestra síntomas severos de deficiencia. Las hojas más viejas presentan clorosis naranja amarillenta y, bajo total ausencia de potasio, se extiende a todas las hojas de la planta. Conforme avanzaba la edad de la hoja, la nervadura central se arquea, la hoja se enrolla sobre si misma, se seca y



muere. El número de hijos por planta se reduce notablemente, la floración se retrasa y se produce una disminución importante del crecimiento y normal desarrollo de la fruta, produciéndose racimos débiles, con fruta de pequeño tamaño y poco llena, insuficiente número de frutas por racimo y de manos por racimo.



## BIBLIOGRAFÍA



*Abou Aziz, A. D.; Shawky, I.; El Tanahy, M. M. y Tadros, M. R. (1987). Effect of potassium fertilization on growth and yield of Williams banana. First Conf. Agric. Devel. Res., (2): 62:70*

*Akbar, U.; Kusnadi, M. y Ollagnier, M. (1971). Influence de la nature du matériel végétal et de la nutrition minérale sur la pourriture sèche du tronc de palmier à huile due à Ganoderma. Oléagineux, 26(8/9) : 527-534.*

*Albertos, A.; Martínez, A. y Sanz, J. A. (1987). La agricultura canaria en la Comunidad Europea. Conserjería de Agricultura y Pesca del Gobierno de Canarias.*

*Alvarez de la Peña, F. J. (1981). Cultivo de la platanera. Ministerio de Agricultura, Publicaciones de Extensión Agraria, Madrid*

*Alvarez, C. E.; Calzadilla, V. E. y Fernández, M. (1999). Chemical fertility of banana soils of Tenerife Island (Canary Island). Fruits 54(3): 159-166*

*Alvarez, C. E.; García, V.; Robles, J. y Díaz, A. (1981). Influence des caractéristiques du sol sur l'incidence de la Maladie de Panamá. Fruits, 36(2): 71-81*

*Anjorin, H. O. y Obigbesan, G. O. (1983) Influence de la fertilization azote sur la croissance et le developpement precoces du plantain (*Musa paradisiaca*). Fruits, 38(4): 300 – 302*

*Anjorin, H. O. y Obigbesan, G. O. (1987) Influence of nitrogen fertilizer on the flowering and yield of plantain. IARPB. Compte rendu de la 3<sup>a</sup> reunion 115 – 117*

*Araujo Filho, J. B.; Gheyi, H. R.; Azeveno, N. C. y dos Santos, J. G. R. (1995). Efeitos da salinidade no crescimento e no teor de nutrientes em cultivares de bananeira. Revista Brasileira de Ciencia do Solo, 19(3): 417-422*

*Arias, F.; Blanco, F.; Vargas, R. y Ferrer, R. (1997). Identificación anatómica y morfológica de especies predominantes de hongos Micorriza Arbusculares (MA) en agroecosistemas bananeros del caribe de Costa Rica. CORBANA, Costa Rica, 22 (48): 61-75*

*Arunachalam, A.; Ramaswamy, N. y Muthukrishnan, C. R. (1976). Studies on the nutrient concentration in leaf tissue and fruit yield with nitrogen level for Cavendish clones. Progressive Horticulturae. India. 8(2): 13 – 22*

*Balakrishna Pillai, P. y Nair, C. K. N. (1974). Nutritional status of soil and the incidence of “bunchy top” disease of banana (var. Java). Agricultural Research Journal of Kerala, 12(2): 135-139*

*Balakrishnan, R. y Shanmugavelu, K. G. (1985). Translocation of 32P between mother and sucker at different stages in banana cultivars of different ploidy levels. Banana Newsletter, 8: 28-30*

- 
- Baruah, P. y Mohan, N. K. (1991).* Leaf nitrogen, phosphorus and potassium concentration at preshooting, shooting and harvesting stage of banana (*Musa* (AAA group, Cavendish sub group) “Jahaji”). *Banana Newsletter*, (14): 23-24
- Baruah, P. y Mohan, N. K. (1992).* Effect of potassium on yield and yield attributing characters of Dwarf Cavendish banana (*Musa* (AAA group, Cavendish sub group)). *Banana Newsletter*, (15): 24-25
- Bayona, L. R. (1988).* Observaciones de 8 años sobre el comportamiento del manganeso (Mn) en la región bananera de Urabá, Colombia. En: IV Reunión sobre Agrofisiología del Banano, ASBANA, Costa Rica, p. 73-78
- Bayona, L. R. (1992).* Correlación lineal entre el nivel de potasio, calcio y magnesio en la tercera hoja del banano. *AUGURA*, Colombia, 9(11): 8-15
- Belalcázar, S.; Salazar, C.; Cayón, C.; Lozada, J.; Castillo, L y Valencia, J. (1991).* El cultivo del plátano en el trópico. *Instituto Colombiano Agropecuario*, 50: 149-239
- Ben Meir, J. (1979).* A case of iron excess in Canary Is. *Bananas. Boletín Internacional sobre nutrición del Banano*, (1): 11-14
- Bennet, W. (1993).* Nutrient deficiencies and toxicities in crops plants. Ed. APS PRESS. The American Phytopathological Society, Sta. Paul, Minnesota, EEUU, cap. 1; p 1-17
- Bhangoo, M. S.; Altman, F. G. y Karon, M. L. (1962).* Investigations on the Giant Cavendish Banana I. Effect of the nitrogen, phosphorus and potassium on fruit yield in relation to nutrient content of soil and leaf tissue in Honduras. *Tropical Agriculture. Trinidad y Tobago*. 39(3): 189 –201
- Bhargava, B. S. y Reddy, B. M. C. (1992).* Selection of index tissue in banana for nutritional diagnosis. *Indian J. Hort.*, 49(2): 120-126
- Bhargava, B. S. y Reddy, B. M. C. (1998)* Leaf sampling guide and nitrogen norm for optimum yield of banana. *Indian J. Hort.*, 55(2): 120 – 126
- Blesa, C. y Luque, A. (1972).* Contribución al estudio de los materiales volcánicos de las Islas Canarias para su utilización en cultivos hidropónicos. I. Estudio de las propiedades físicas y químicas. *Anales de Edafología y Agrobiología*, (7-8): 583-599
- Borges Pérez, A. (1983).* Estudio sobre el mal de Panamá en las Islas Canarias. II. Influencia de los desequilibrios nutritivos P-Zn y K-Mg del suelo en la alteración de los mecanismos de resistencia de la platanera. *Fruits*, 38(11): 755-758
- Brun, J. y Champion, J. (1953).* Le bleu du bananier en Guinée Française. *Fruits*, 8(6): 266-269
- Buragohain, R. y Shanmugavelu, K. G. (1986).* Studies on the nutrient content and uptake of the “Vayal Vazhai” banana (ABB). *Banana Newsletter. Australia*. 9, 19 – 22

*Butler, A. F.* (1960) Fertilizer experiments with the Gross Michel banana. *Tropical Agriculture*. Trinidad y Tobago, 37(1): 31-50

*Cann, H. J.* (1964). How cold weather affects banana growing in N. S. W. *Agric.Gaz.* N. S. W., (75): 1012-1019

*Cardenoso Barriga, R.* (1962). Rajadilla del plátano en Colombia. Turrialba, Costa Rica, 12(3): 118-127

*Cardoso, A. P. S.; Goncalvez, M. M. y Silva, C. O.* (1973). Estudos sobre a fertilidade dos solos de Cabo Verde, Ilha de Santiago. II. Ensaio preliminar de adubacao em bananal em aluviossolo da ribeira de Santa Cruz. *Missao de Estudos Agronómicos*. Portugal, Lisboa, 41 p.

*Caro, L. H.* (1991) Respuesta del cultivo del plátano en la zona de Caldas a la aplicación edáfica del nitrógeno y potasio; fraccionamiento de N y K; aplicaciones edáficas de B. Seminario de Actualización Sobre la Investigación en el cultivo de Plátano. Colombia, Manizales, 60 – 78.

*Carpena, O.; Pérez Melián, G. y Luque, A.* (1977). Influencia de la concentración total de la solución nutritiva y su contenido en nitrógeno sobre las plantas de tomate cultivadas en hidroponía, *Anales de Edafología y Agrobiología*, 36(7-8): 755-761

*Castellanos, M.; Hernández, T. y Guijarro, R.* (1987). Extracción y exportación de Mn, Fe y Zn en plátano vianda (CEMSA ¾) bajo una fertilización con niveles de K, en suelo aluvial poco diferenciado. *Cultivos tropicales*, Cuba nº esp.: 251-261

*Catellanos, M.; Hernández, T. y Guijarro, R.* (1985). Estudio preliminar de las extracciones y exportaciones de Fe, Mn y Cu en plátano vianda (CEMSA ¾). *Cultivos Tropicales*, Cuba, 7(3): 105-114

*Champion, J.; Dugain, F.; Maignien, R. y Dommergues, Y.* (1958). Les sols de bananeraies et leur amélioration en Guinée. *Fruits* 13(9-10): 415 – 462

*Champion, S.* (1963). *Le bananier*. Ed. E. G. P. Maisonneuve et Larose, Paris. p 121

*Chapman, D. H.* (1964). Techniques proposées pour le prélèvement et la manutention des échantillons foliaires en vue de déterminer l'état nutritif de quelques productions agricoles, horticoles et arbustives. *Fruits*, 19(7): 367-377

*Charpentier, J. M.* (1966). Cuadro sinóptico de los síntomas de las carencias de minerales en la planta de banano. *Revista Ecuatoriana del Banano*, Ecuador, 3(1-2): 23-24, 39

*Charpentier, J. M. y Martin-Prével, P.* (1965). Culture sur milieu artificiel. Carences atténuées ou temporaires en éléments majeurs. Carences en oligo-éléments chez le bananier. *Fruits*, 20(10): 521 – 557

---

*Chattopadhyay, P. K. y Bose, T. K. (1986). Effect of NPK nutrition on growth, yield and quality of Dwarf Cavendish banana (Musa cavendishii Lamb.). Indian Agriculturist, 30(3): 213 -222*

*Chattopadhyay, T. K. y Mallik, P. C. (1977). Uptake of nutrients by Musa cavendishii Lamb. at flowering stage. Plant Science, 9: 47-53*

*Cheesman, J. (1948). Classification of the bananas. Linn. Kew Bull. 2: 145 - 154*

*Clalker, F. y Turner, D. W. (1969). Magnesium deficiency in bananas. Agricultural Gazette of New South Wales, 80(8): 474-476*

*Coke, L. y Boland, D. E. (1971). Boron nutrition of banana suckers. Proceedings of the 2nd Annual Conf. ACORBAT, Jamaica, p. 59-66*

*Cooil, B. J. y Shoji, K. (1953). Studies reduce banana chlorosis. Hawaii Fm. Sci., 1:1-8*

*Corden, M. E. (1965). Influence of calcium nutrition on Fusarium wilt of tomato and polygalacturonase activity. Phyt., 55: 222-224*

*Dave, S. K.; Katrodia, J. S.; y Patel, M. L. (1990). Nutrition and growth of banana cv. Basrai in deep black soils of South Gujarat. Fertilizer News, 35(2): 19-26*

*Delvaux, B.; Lassoudiere, A. y Perrier, X. (1984). Influence des conditions pedologiques et des techniques culturales sur la production bananiere du Camerun. 3. Relations sol-plante et definition. Revue Science et Technique. Serie Sciences Agronomiques, 1(1): 90-124*

*Díaz, A. (1975). Estudio de la fertilidad de los suelos y nutrición mineral de los cultivos de plátanos de Tenerife. Tesis Doctoral, Universidad de La Laguna, España, 294 p*

*Díaz, A.; Fernández Caldas, E.; García, V. y Robles, J. (1976). Los oligoelementos Fe, Mn, Zn y Cu en el plátano: factores que influyen en sus niveles foliares. Agrochimica, 20(6): 479-490*

*Du Plessis, S. F. (1987). The effect of different NPK levels on growth and nutrient uptake of Dwarf Cavendish bananas. Fruits. 42(1): 53 -58.*

*Dugain, F. (1960). Soil analysis and "Blue" of banana tree. En: FAO, report of the first FAO/CCTA, 4p*

*Dumas, J. y Martin-Prével, P. (1958). Controle de nutrition des bananeraies en Guinée. Fruits, 13(9-10): 375 - 386*

*Echeverri, L. M. (1989). Deficiencias de magnesio y boro en plátano y banano. Cenicafé, Colombia, 1p*

*El Khoreiby, A. M. K. y Salem, A. T. (1991). Effect of potassium on the vegetative growth and the nutritional status of Dwarf Cavendish. Bull. Fac. of Agric. Univ. of Cairo, 42(1): 247-258*

*Fernandez Caldas, E. y García, V. (1970). Contribution a l'étude de la fertilité des sols bananeraies de l'île de Tenerife. Fruits 25(3): 175 – 185*

*Fernandez Caldas, E. y García, V. (1972). Etude sur la nutrition du bananier aux îles Canaries. I effect de la nutrition azotée sur la circonférence du pseudo-tronc. Fruits, 27(7-8): 509 – 512*

*Fernandez Caldas, E.; Bravo, J. J. y García, V. (1971a). Contribución al estudio de la fertilidad de los suelos de plátanos de la isla de La Palma (Islas Canarias). Anales de Edafología y Agrobiología. España. 30(9-10): 937 – 949*

*Fernández Caldas, E.; García, V. y Díaz, A. (1974). La culture de la strelitzia reginae aux îles Canaries et l'application de l'analyse foliare. Acta Horticulturae, 43(2)*

*Fernandez Caldas, E.; García, V. y Pérez García, V. (1973). Etude de l'état nutritionnel du bananier aux Iles Canaries. II. Interactions entre cations. Fruits, 28(5): 351-355*

*Fernandez Caldas, E.; García, V.; Pérez García, V. y Díaz, A. (1977). Análisis foliar del plátano en dos fases de su desarrollo: floración y corte. Fruits 32(11): 665-671*

*Fernandez Caldas, E.; García, V.; Guitierrez Jerez, F. y Bravo Rodríguez, J. M. (1971b). Etude comparative de la fertilité des sols de bananeraies aux îles Canaries. Fruits, 26(9): 569 – 576*

*Fernandez Falcón, M. y Fox, R. L. (1985). Efecto de la fertilización nitrogenada y potásica sobre la producción en el cultivo del plátano. Anales de Edafología y Agrobiología. España, 44(9-10): 1439 – 1452*

*Freiberg, S. R. (1966). Banana nutrition. In: Fruit nutrition. Norman F. Childers, Ed. p 77-100*

*Freiberg, S. R. y Stewart, F. C. (1960). Physiological investigations on the banana plant. III. Factors which affect the nitrogen compounds of the leaves. Annals of Botany, 24(93): 147-157*

*García, V. (1977). Etat actuel des études de nutrition et fertilité en culture bananiere a Ténérife. Fruits 32(1): 15 - 23*

*García, V.; Bravo, J. J.; Robles, J. y Alvarez, C. E. (1979). Etude de relation sol-plante sur les cultures de bananier de l'île de La Palma (Canaries). Fruits 34(6): 393 – 397*

*García, V.; Díaz, A.; Fernández Caldas, E. y Alvarez, C. E. (1977a). Características químicas de los suelos de plátanos de Tenerife. Anales de Edafología y Agrobiología, 36(9-10): 943-955*

---

*García, V.; Fernández Caldas, A.; Díaz, A. y Alvarez, C. E. (1977b). Efecto de la nutrición potásica en la producción del plátano. Agrochimica. Italia, 21(1-2): 28-36*

*García, V.; Fernández Caldas, E. y Robles, J. (1976). Factors affecting the availability of potassium in the banana soils of Tenerife. Potash Review, 5(12): 1-7*

*García, V.; Fernández Caldas, E.; Alvarez, C. E. y Robles, J. (1978). Desequilibrios potásico-magnésicos en los cultivos de plátanos de Tenerife. Fruits, 33(1): 7-13*

*García, V.; Fernández Caldas, E.; Díaz, A. y Bravo, J. J. (1977c). Análisis foliar del plátano en dos fase de su floración. Fruits, 32(9): 525-534*

*Godefroy, J.; Lassoudière, A.; Lossois, P. y Pénel, J. P. (1978). Action du chaulage sur les caractéristiques physico-chimiques et la productivité d'un sol tourbeux en culture bananière. Fruits 33(2): 77 – 90*

*Guerrero, R. (1991). Fertilización de cultivos en clima cálido. Monómeros Colombo Venezolanos S.A., 312 p*

*Hasan, M. A.; Suresh, C. P.; Bhattacharya, S. y Chattopadhyaya, P. K. (1999a). Uptake pattern of nutrients in Cavendish banana (*Musa* AAA). Environment and Ecology, 17(3): 560-562*

*Hasan, M. A.; Suresh, C. P.; Bhattacharya, S. y Chattopadhyaya, P. K. (1999b). Influence of potassium on the soil nutrient status of banana orchard. Environment and Ecology, 17(3): 577-579*

*Hazarika, D. N. y Mohan, N. K. (1989). Effect of nitrogen on sucker production of "Jahaji" banana (*Musa*, AAA group, Cavendish Sub group). Banana Newsletter. Australia. (12): 35*

*Hecht Buchholz, C.; Borges Pérez, A.; Fernández Falcón, M. y Borges, A. A. (1998). Influence of zinc nutrition on Fusarium wilt of banana – electron microscopic investigation. En: Proceedings of the Firts International symposium on banana in the subtropics, Puerto de la Cruz, Tenerife, p. 277-283*

*Hernández Medina, E. y Lugo López, M. A. (1967). Observations on the response of Gros Michel banana plants in sand cultures to different proportions of various cations and anions. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico, 51(4): 309-315*

*Hernández, E.; Casanova, A. y Bracho, G. (1977). Efecto de la fertilización en plátano sobre la composición de hojas y frutos y sobre el rendimiento. Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad de Zulia, Venezuela, 3(4): 49-66*

*Hewitt, C. W. (1955). Leaf analysis as a guide to the nutrition of bananas. Empire Journal of Experimental Agriculture, 23(89): 11-16*



**U. R. L.**

Gobierno de Canarias. <http://www.gobcan.es>

Información Agrícola. <http://www.infoagro.com>

Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano. <http://www.inibap.org>

